

VOLUME 10 · JANEIRO A DEZEMBRO DE 2019

Publicação do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural

Incaper

em revista

**Sustentabilidade
na agropecuária**

o Incaper contribui para o **desenvolvimento rural** do Espírito Santo por meio de **práticas sustentáveis** e tecnologias desenvolvidas que utilizam os **recursos naturais** de forma **responsável, ecologicamente correta, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente diversa.**

Publicação do Incaper

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, Vitória, ES - Brasil

Caixa Postal 391 CEP 29052-010

Tel.: 55 27 3636-9888/3636-9800

incaperemrevista@incaper.es.gov.br

www.incaper.es.gov.br

ISSN- 2179-5304

v. 10

Janeiro a dezembro de 2019

Editor: Incaper

Tiragem: 300

Comitê Editorial do Periódico Incaper em Revista

Presidente

Sheila Cristina Prucoli Posse

Membros

Agno Tadeu Silva

Bernardo Lima Bento de Mello

Inorbert de Melo Lima

José Aires Ventura

Juliana Raymundi Esteves

Lúcio Herzog De Muner

Luiz Carlos Prezotti

Maurício José Fonazier

Vanessa Alves Justino

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Governador do Estado do Espírito Santo

José Renato Casagrande

SECRETARIA DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA - SEAG

Secretário de Estado da Agricultura, Abastecimento,
Aquicultura e Pesca

Paulo Roberto Foletto

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER

Diretor-Presidente

Antonio Carlos Machado

Diretor-Técnico

Nilson Araujo Barbosa

Diretor Administrativo-Financeiro

Cleber Bueno Guerra

Equipe de Produção

Coordenação Editorial

Aparecida Lourdes do Nascimento

Revisão Textual

Marcos Roberto da Costa (português/inglês)

Raquel Vaccari de Lima (português - artigo 1)

Fotografia

Acervo do Incaper e arquivos dos autores

Projeto Gráfico, Capa e Editoração Eletrônica

Cristiane Gianezi da Silveira

Permitida a reprodução total ou parcial dos textos desde que citada a fonte.

Os artigos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Incaper.

SUMÁRIO

EDITORIAL	5
------------------------	----------

ARTIGOS

Agricultura sintrópica (agrofloresta sucessional): fundamentos e técnicas para uma agricultura efetivamente sustentável.....	6
Lorena Abdalla de Oliveira Prata Guimarães; Guilherme Carneiro de Mendonça	
Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável.....	22
André Guarçoni; Luiz Fernando Favarato; Silvia Regina Stipp; Valter Casarin	
Práticas alternativas na piscicultura para a agricultura familiar	43
Nágila Scarpì Nespoli; Ronald Assis Fonseca; Erivelto Oliveira de Souza; Layon Carvalho de Assis; Tchesley Lyrio Queiroz; Pedro Pierro Mendonça	
Casos de sucesso na implantação de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em propriedades leiteiras de base familiar em áreas montanhosas	54
Marcelo Dias Müller; Carlos Eugênio Martins; Leonardo Henrique Ferreira Calsavara; Wadson Sebastião Duarte da Rocha; Alexandre Magno Brighenti dos Santos; Fausto de Souza Sobrinho	
Agricultura sustentável com produtos da Mata Atlântica	68
Mária da Penha Padovan; Fabiana Gomes Ruas; Fabio Favarato Nogueira; Wagner Farias Ferreira Braz; Marcelo Francia Arco-Verde	
Bionemáticas contemporâneas: aplicabilidade e importância no manejo de fitonematoides em áreas agrícolas	90
Inorbert de Melo Lima; José Aires Ventura; Hércio Costa; Bruna da Silva Arpini; Marlon Vagner Valetim Martins	
Tendências para a sustentabilidade da cafeicultura de arábica em regiões de montanha.....	105
Fabiano Alixandre Tristão, Cesar Abel Krohling, Lúcio Herzog De Muner, Matheus Fonseca de Souza, Maurício José Fornazier	
Tendências para a sustentabilidade da cafeicultura de Conilon.....	125
Abraão Carlos Verdin Filho; Marcene Comério; Anderson Martins Pilon; Wagner Nunes Rodrigues; Tafarel Victor Colodetti; Maurício Fornazier; Lucas Louzada Pereira; Aldemar Polonini Moreli	

DESTAQUES

- ‘Conquista ES8152’: variedade de café mais resistente, mais produtiva e mais barata **142**
- Milho ‘Imperador’: a primeira variedade para produção orgânica do Espírito Santo **144**

EDITORIAL

Nesta edição, o *Incaper em Revista* traz a temática “Sustentabilidade na Agropecuária”. Uma questão que nos faz lembrar, nos dias de hoje, da necessidade de cada indivíduo se conscientizar da preservação do meio ambiente, além de estar atento a cada atitude e repensar a forma como vive dentro desse ambiente.

Etimologicamente, o termo “sustentável” tem origem na palavra latina *sustentare*, que significa sustentar, favorecer e conservar. Em um conceito mais amplo, a palavra está associada a soluções, caminhos e planos que busquem resgatar adoções de práticas sustentáveis na vida de cada pessoa e gerem benefícios comuns a todos.

Esse conceito tem sido amplamente discutido, com o objetivo de adequação das atividades humanas ao desenvolvimento sustentável, ou seja, utilização responsável dos recursos naturais de forma ecologicamente correta, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente diversa.

Nesse contexto, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) tem se engajado de forma significativa nesse debate, por

meio da elaboração e da execução de programas e projetos que proporcionam o desenvolvimento rural sustentável no Espírito Santo, com base em três pilares fundamentais: econômico, social e ambiental. O objetivo é garantir a integridade da agricultura capixaba com destaque para as futuras gerações que serão multiplicadoras dessas ações.

Em vista disso, este volume apresenta tecnologias sustentáveis aplicadas à agricultura e pecuária. Por meio de oito artigos, são abordados os seguintes temas: agricultura sintrópica, fertilidade dos solos, sustentabilidade por meio de produtos encontrados na Mata Atlântica, tendências e boas práticas agrícolas para a sustentabilidade dos cafés, integração entre lavoura, pecuária e floresta, manejo fitossanitário em áreas agrícolas e práticas sustentáveis para a aquicultura na agricultura familiar.

Com esta edição do *Incaper em Revista*, a finalidade é proporcionar boas reflexões que apontem alternativas para uma agropecuária mais sustentável, saudável e solidária.

Tenha uma ótima leitura!

Cleber Bueno Guerra

Diretor Administrativo-Financeiro

Nilson Araujo Barbosa

Diretor-Técnico

Antonio Carlos Machado

Diretor-Presidente

Agricultura sintrópica (agrofloresta sucessional): fundamentos e técnicas para uma agricultura efetivamente sustentável

Lorena Abdalla de Oliveira Prata Guimarães¹; Guilherme Carneiro de Mendonça²

Resumo - Agricultura sintrópica ou agrofloresta sucessional é um tipo de sistema agroflorestal (SAF) que conquistou muita popularidade nos últimos anos. O sistema é baseado na alta diversidade de espécies vegetais, no aproveitamento do espaço vertical (estratificação), na sucessão das espécies no tempo e espaço e no contínuo e abundante aporte de resíduos vegetais ao solo. Os SAFs não são uma prática nova, e muitos dos seus benefícios ambientais são comprovados cientificamente. Contudo, há muitos questionamentos por parte de agricultores e técnicos sobre a viabilidade econômica e técnica do SAF sucessional, mesmo com diversos casos de sucesso na agricultura familiar em diferentes regiões do Brasil. A grande diferença entre os SAFs tradicionais e os SAFs sucessionais reside na aplicação de técnicas inspiradas em mecanismos de desenvolvimento das florestas naturais neste último, culminando na independência de insumos externos. Diferente da agricultura convencional ou dos SAFs tradicionais, o enfoque do SAF sucessional são os processos de vida e biogeoquímicos, e não os insumos. Em 2017, áreas experimentais de SAF sucessional foram implantadas no Espírito Santo, com culturas de importância econômica para o estado, e os resultados preliminares são bastante positivos para a agricultura familiar. O objetivo deste trabalho é apresentar as técnicas e os conceitos fundamentais do SAF sucessional e alguns resultados de pesquisas realizadas no Espírito Santo, no Brasil e em países da América do Sul.

Palavras-chaves: Sistemas agroflorestais. Biodiversidade. Sucessão natural. Conservação do solo e da água.

Syntropic farming (successional agroforestry): utopia or reality?

Abstract - Syntropic farming or successional agroforestry is a type of agroforestry system (AFS) that has gained much popularity in recent years. The basis of the system are the high diversity of plant species, the utilization of vertical space (stratification), the succession of species in time and space and the continuous and abundant supply of vegetal remains to the soil. AFSs are not a new practice and many of their environmental benefits are scientifically proven. However, farmers and technicians question about the economic and technical viability of successional AFS, even with several cases of success in family farming in different regions of Brazil. The major difference between traditional AFSs and successional AFSs is the application of techniques inspired in mechanisms of natural forest development in successional AFSs, culminating in the independence of external inputs. Unlike conventional agriculture or traditional AFSs, life and biogeochemicals processes are the focus of successional AFS, and not the inputs. In 2017, we installed experimental areas of successional AFS in Espírito Santo, with crops of economic importance for the State, and preliminary results are very positive for family farming. This work aims to present the techniques and concepts of successional AFS and some research results obtained in Espírito Santo, Brazil, and South American countries.

Keywords: Agroforestry systems. Biodiversity. Natural succession. Soil and water conservation.

¹Engenheira Agrônoma, D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Professora do IFES, Campus Centro Serrano. lorena.guimaraes@ifes.edu.br

²Engenheiro Florestal, M.Sc. Ciências Florestais, Agente de Desenvolvimento Ambiental do IEMA

INTRODUÇÃO

Agricultores endividados em empréstimos bancários, jovens desinteressados pelo meio rural, períodos de secas prolongados, oscilações de preços de mercado, solos empobrecidos e degradados, uso indiscriminado de agrotóxicos e a necessidade crescente de uso de insumos agrícolas: esses são alguns dos maiores problemas da agricultura familiar. São sintomas da insustentabilidade econômica, social e ambiental do sistema de produção adotado em muitas propriedades, criando cenários preocupantes.

Com o aumento da demanda por alimentos e a evolução tecnológica na produção agropecuária, a atividade agrícola moderna passou a se caracterizar por sistemas padronizados e simplificados - monoculturas -, modelo este que tem mostrado sinais de saturação em virtude da elevada demanda por energia e recursos naturais (BALBINO et al., 2011). Acostumados com o sistema convencional e reféns de pacotes tecnológicos, os agricultores observam sua atividade tornar-se gradualmente mais difícil, na esperança de que surjam novas ajudas governamentais. O *deficit* hídrico também contribui para o declínio agropecuário, e entre os agricultores há o discurso comum de que as chuvas do próximo ano compensarão os prejuízos.

Há certa resistência na aceitação de que há uma crise ambiental, econômica e social no atual sistema de produção adotado pelos agricultores familiares, inadequado para a sustentabilidade de sua atividade. Apesar da resistência, esta realidade é comprovada pelos resultados preliminares do Censo agropecuário de 2017 (IBGE, 2017). O pessoal ocupado na área rural diminuiu 9,2% em relação a 2006. Os jovens entre 25 e 35 anos, que representavam 13,6% do campo em 2006, em 2017 eram apenas 9,5%. O que há de errado com o sistema de produção adotado nas pequenas propriedades rurais?

A percepção de que o sistema agrícola convencional é insustentável, em muitos casos para a agricultura familiar, tem motivado a proposição de outros sistemas de produção. Um desses sistemas que ganhou recente destaque é a “agricultura sintrópica”,

proposta pelo agricultor Ernst Götsch. O sistema, que chegou a ser tema de telenovela, tornou-se mundialmente conhecido a partir de 2015, após a divulgação dos vídeos *Life in Syntropy* e *From Garden to Forest*. O termo agricultura sintrópica, também conhecido como agroflorestra sucessional biodiversa ou sistema agroflorestral dirigido pela sucessão ecológica, apesar de recente, sistematiza conceitos e técnicas antigas (PENEIREIRO, 1999; PASINI, 2017).

Sistemas agroflorestrais são formas de uso da terra em que espécies lenhosas perenes, como árvores, arbustos, palmeiras, bambus ou outras, são cultivadas junto com culturas agrícolas e/ou animais, em um arranjo espacial e temporal (LUNDGREN; RAIN TREE, 1982). Essa é uma das definições adotadas pelo Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestral (ICRAF). A partir dessa definição mais abrangente, considera-se que os sistemas agroflorestrais, apesar do pequeno avanço em escala de produção no Brasil, obtiveram certos avanços metodológicos, a exemplo do sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e da própria agricultura sintrópica.

Os sistemas agroflorestrais não são uma prática nova, uma vez que populações indígenas e tradicionais já integravam o componente florestal em suas lavouras (NAIR, 1993). O que há de novo então na agricultura sintrópica? O que difere esse sistema dos sistemas agroflorestrais tradicionais? A grande diferença reside na aplicação de técnicas inspiradas em mecanismos naturais do desenvolvimento de uma floresta na agricultura sintrópica, culminando na independência da utilização de insumos externos e em melhorias progressivas no ambiente. Diferente da agricultura convencional ou das agroflorestras tradicionais, o enfoque da agricultura sintrópica são os processos de vida e biogeoquímicos, e não os insumos. A intenção por trás do seu manejo é imitar o funcionamento de um ambiente submetido às dinâmicas da sucessão ecológica, o que leva ao planejamento e ao manejo dinâmicos do agroecossistema, e não ao simples consórcio de espécies agrícolas e arbóreas (PASINI, 2017; BALEEIRO, 2018).

Uma agricultura de alta produção, com alta biodiversidade, que recupera áreas degradadas e nascentes, sem utilizar fertilizantes químicos e agrotóxicos e pouco dependente de combustíveis fósseis parece impossível, mas já é realidade em várias propriedades rurais brasileiras (BALEIRO, 2018). Apesar disso, as pesquisas e literaturas científicas relacionadas à agricultura sintrópica ainda são escassas. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é apresentar conceitos fundamentais e técnicas da agricultura sintrópica ou sistema agroflorestal sucessional (SAF sucessional) e alguns resultados de pesquisas realizadas no Espírito Santo, no Brasil e em países da América do Sul.

O SIGNIFICADO DE SINTROPIA

O termo “sintropia” tem a mesma etimologia grega da palavra “entropia”. Na Termodinâmica, a entropia mensura o grau de irreversibilidade de um sistema. O trabalho pode ser completamente convertido em calor e este em energia térmica; contudo, o calor ou a energia térmica não podem ser completamente reconvertidos em trabalho (CLAUSIUS, 1865). Em um sistema isolado ou fechado, todo processo irreversível resulta na maximização da entropia.

O aumento da desordem das partículas de um determinado sistema é o aumento da entropia. O contrário - menor desordem ou maior ordenação - resulta em redução da entropia. Neste caso, o aumento da ordem ou organização das partículas e da energia acumulada no sistema é chamado de neguentropia (BRILLOUIN, 1953), entropia negativa (SCHRÖDINGER, 1944) ou, de conotação semelhante, sintropia. Enquanto a entropia rege as transformações termodinâmicas que liberam energia, a sintropia acumula e organiza a energia em suas ligações e processos, o que resulta em diferenciação e complexidade (PASINI, 2017).

Os seres vivos habitam sistemas abertos, que permitem a troca de matéria e energia com o meio ambiente no qual estão imersos. Desse modo, os sistemas vivos são capazes de vencer a tendência do universo à entropia por meio do crescimento,

da reprodução e dos processos fotossintéticos, por exemplo. Uma floresta madura intacta consegue armazenar energia e ordenar átomos, tornando-se um sistema com baixa entropia. A entropia aumenta, em condições naturais, quando ocorre a queda de uma árvore ou um incêndio, por exemplo.

Considerando que as agroflorestas sucessionais têm como princípio reproduzir o que acontece nas florestas naturais, com acúmulo crescente de energia e vida, o termo agricultura sintrópica torna-se compreensível. Nessa lógica, Ernst Götsch cunhou o termo “sintropia” para os processos que complexificam, crescem e acumulam energia, como a vida no planeta Terra (VAZ, 2017).

A capacidade de aumento de vida e de acúmulo de energia do sol que ocorre no planeta tem movimento oposto e complementar à entropia dos sistemas não vivos, que tendem à homogeneização, simplificação e dispersão de energia (VAZ, 2017). O termo sintropia, portanto, não tem nada de místico ou exotérico.

TÉCNICAS DE MANEJO FUNDAMENTAIS DA AGROFLORESTA SUCESSIONAL

As técnicas de manejo fundamentais do SAF sucessional incluem a alta biodiversidade, a estratificação das espécies e a sucessão ecológica (VAZ, 2017). Outra técnica essencial são as podas periódicas, muitas vezes de espécies plantadas para esse fim. As podas garantem a biomassa vegetal necessária para a cobertura do solo e para os processos biogeoquímicos, além do controle fitossanitário e da entrada de luz no sistema.

ALTA BIODIVERSIDADE

A alta diversidade de espécies vegetais é uma característica marcante do SAF sucessional. Os consórcios, assim como na natureza, devem ser o mais diversificado possível, com espécies de todas as etapas sucessionais, a caminho do clímax da vegetação natural do local (GÖTSCH, 1997). A diversificação possibilita aproveitar os espaços vertical e horizontal e as interações benéficas entre as espécies.

Estudos mostram que a diversificação dos sistemas agrícolas é favorável ao controle biológico natural de pragas, diminui as populações de insetos herbívoros e pode dificultar a localização das plantas hospedeiras por esses insetos (RISCH; ANDOW; ALTIERI, 1983; TOGNI et al., 2009). Nos monocultivos, ao contrário, as culturas ficam expostas na paisagem. Isso favorece a localização das plantas e, por isso, ocorre um rápido crescimento populacional dos insetos herbívoros, levando-os a se tornarem pragas (TOGNI et al., 2009). Risch, Andow e Altieri (1983) verificaram que 53% de espécies de insetos herbívoros foram menos abundantes em sistemas diversificados.

Diferente dos cultivos convencionais e dos SAFs tradicionais, no SAF sucessional as espécies são selecionadas para cumprir funções variadas no sistema, não apenas para o retorno econômico. Algumas são introduzidas para fornecer serviços ao agroecossistema, como a produção de biomassa para a cobertura e/ou adubação do solo, algo que fariam naturalmente por meio da queda de galhos e folhas, mas que é acelerado pelo manejo (podas e desbastes).

Além das espécies de interesse econômico e daquelas utilizadas para as podas, outras são introduzidas para cumprir funções ecológicas. Um exemplo são as espécies que fixam o nitrogênio atmosférico (N_2) por meio de associações simbióticas com bactérias, como acácia mangium, gliricídia, leucena e crotalárias. Há, ainda, espécies plantadas para atrair polinizadores e inimigos naturais, para repelir pragas e para a produção madeireira. A laranjeira é um exemplo. Além do valor econômico, suas flores são atrativas para as abelhas *Apis mellifera* (SOUZA et al., 2007).

O planejamento dos SAFs sucessionais inclui a semeadura de espécies madeireiras. Estas podem ser introduzidas para fornecer madeira de qualidade em médio ou longo prazo, como gonçalo-alves, ipê, mogno, jequitibá, jacarandá, cedro, peroba e jatobá. O sombreamento proporcionado pelas espécies de estágios sucessionais iniciais induz ao crescimento de fustes mais retilíneos e menos ramificados, gerando madeiras de maior valor agregado (MENDONÇA et al., 2017).

Uma mesma espécie pode desempenhar várias funções no agroecossistema. A gliricídia, além de fixadora de N_2 , atrai polinizadores. A jaca fornece frutos, sementes, matéria orgânica e madeira para marcenaria. Eucalipto e acácia mangium, espécies rústicas que colonizam ambientes restritivos para muitas outras espécies, servem para sombrear espécies que toleram ou preferem condições mais sombreadas, além da produção de biomassa para a cobertura do solo e da produção madeireira.

É importante destacar que, no SAF sucessional, é altamente recomendado o plantio por sementes, ficando a utilização de mudas apenas para algumas espécies comerciais ou de frutificação tardia. Isso porque o plantio de mudas eleva os custos de implantação, e as podas e desbastes ficariam limitados pela utilização de mudas caras. A utilização de sementes possibilita, ainda, a escolha de indivíduos mais vigorosos. Jaca, abacate, manga e cajá, por exemplo, podem ser introduzidos ao mesmo tempo e no mesmo local - mais de uma semente por espécie -, possibilitando a escolha de qual espécie permanecerá na agrofloresta em função da adaptação ou do interesse do agricultor.

Para que a elevada biodiversidade não resulte em problemas de competição, os princípios da estratificação e da sucessão, descritos adiante, devem ser criteriosamente planejados. Dessa forma, não haverá competição entre as espécies, mas uma relação de complementação de suas funções ecológicas. Assim, as espécies dos consórcios anteriores criam condições adequadas e melhores para aquelas posteriores (MILZ, 2010).

ESTRATIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

A competição é a interação biológica que ocorre entre dois ou mais indivíduos quando os recursos são limitados (CASTRO; GARCIA, 1996). Em geral, nutrientes, água e luz são os três principais recursos que limitam o crescimento das plantas e são considerados os recursos pelos quais as plantas competem (CRAINE; DYBZINSKI, 2013). A competição abaixo da superfície do solo ocorre quando as

plantas diminuem o crescimento, a sobrevivência ou a fecundidade das plantas vizinhas pela redução dos recursos disponíveis no solo (CASPER; JACKSON, 1997).

A competição por recursos tem sido considerada como geradora de estresse para as plantas e importante para determinar a distribuição e evolução das espécies (CRAINE; DYBZINSKI, 2013). Para que ocorra a competição, é necessário que haja a sobreposição dos nichos dos indivíduos envolvidos, de forma que eles utilizem os mesmos recursos (CASTRO; GARCIA, 1996). Em geral, considera-se que a competição deve exercer um papel importante na organização das espécies coexistentes em uma comunidade, especialmente no que se refere ao número de espécies que podem conviver num mesmo *habitat* (CASTRO; GARCIA, 1996).

Em termos de ecologia de comunidades, cujo tema central dos estudos é a diversidade de espécies (GIACOMINI, 2007), há grande proximidade entre a abordagem da diversidade funcional e a agrofloresta sucessional. O planejamento do agroecossistema é feito buscando a otimização da diversidade funcional (BALEEIRO, 2018).

Quando se estuda a alta diversidade das espécies vegetais em florestas tropicais, fica evidente que muitas delas são capazes de coexistir. Contudo, espécies idênticas, inclusive com relação às respostas ao meio e ao nicho ecológico, não podem conviver juntas indefinidamente (GIACOMINI, 2007). Para que ocorra a coexistência, os indivíduos naturalmente vão se sucedendo no tempo e no espaço e ocupando seus nichos ecológicos. Giacomini (2007) cita que a manutenção da diversidade pode ser compreendida de duas formas principais, que dependem da escala temporal e espacial: i) na escala evolutiva e de largo âmbito geográfico, a manutenção de diversidade é fruto de um processo dinâmico de extinções e especiações; ii) na escala de tempo ecológico e num âmbito espacial restrito, a manutenção da diversidade depende de mecanismos que facilitem a coexistência de espécies.

Coexistência implica a sobreposição espaço-temporal da distribuição de algumas espécies.

Para haver coexistência, é necessário que existam diferenças no uso de recursos e/ou nas respostas a fatores limitantes; além disso, diferenças de competitividade e sobreposição de nicho apresentam dependência mútua na determinação da possibilidade de coexistência (GIACOMINI, 2007). Quanto maior a diferença de competitividade, menor deve ser a sobreposição de nicho para que a coexistência seja possível (GIACOMINI, 2007).

Com base nos conhecimentos da Ecologia, Götsch compreendeu que, para minimizar a competição e maximizar a cooperação entre as espécies em um sistema diversificado, os princípios da estratificação e da sucessão devem ser respeitados. Esses princípios se baseiam nas características ecofisiológicas e morfológicas e nas demandas edafoclimáticas das espécies vegetais, que determinam suas interações no ecossistema.

A estratificação é a ocupação do espaço vertical da agrofloresta, sendo utilizada para reduzir a competição por luz entre as plantas e otimizar o uso do espaço agroflorestal. A posição vertical que cada espécie ocupa em um consórcio agroflorestal é definida com base em suas características ecofisiológicas e morfológicas na fase adulta - como exigência por luz, altura e ciclo de vida. Desse modo, as espécies são classificadas em estratos baixo, médio, alto e emergente, sendo este último o topo da agrofloresta. É possível também aproveitar o espaço abaixo das espécies de estrato baixo - chamado de estrato rasteiro. As agroflorestas são planejadas para se ter, em cada etapa da sua vida, plantas ocupando todos os estratos (PENEIREIRO, 2003).

A estratificação permite maximizar o uso da luz solar pelas plantas e aumentar a fotossíntese por área, além de favorecer a cooperação entre as espécies. Aquelas mais exigentes por luz devem ocupar as posições mais altas da agrofloresta, enquanto as que toleram ou preferem ambientes mais sombreados devem ocupar os estratos mais baixos, sendo beneficiadas pela sombra das plantas dos estratos superiores. Um exemplo é o cacaueiro (*Theobroma cacao* L.), espécie nativa dos estratos mais baixos

das regiões da Floresta Amazônica (ARMENGOT et al., 2016). A espécie evoluiu em ambientes sombreados e, portanto, é classificada como estrato baixo.

Os consórcios das fases iniciais da agroflorestra criam as condições microclimáticas necessárias para a sobrevivência e o estabelecimento das mudas jovens das árvores que irão compor o SAF posteriormente. Essas espécies geralmente são introduzidas por meio de sementes. Enquanto as espécies agrícolas ou as árvores jovens se estabelecem, outros ciclos de consórcios se sucedem até que aquela árvore alcance a sua fase adulta e ocupe seu devido estrato no momento em que for chegada a fase de seu consórcio ser o dominante no sistema (PASINI, 2017).

Café, limão, abacate e eucalipto exemplificam a estratificação em um consórcio. O café ocuparia o estrato baixo; o limão, o médio; o abacateiro, o alto; e o eucalipto, o emergente. Considerando um consórcio com hortaliças, alface e rúcula ocupariam o estrato baixo; brócolis ocuparia o médio; tomate e quiabo, o alto; e milho, o emergente. Em uma agroflorestra de seis meses, o milho ocuparia o estrato emergente; a mandioca, o estrato alto; o inhame e o jiló, o médio; e as hortaliças ocupariam o estrato baixo. Já em uma agroflorestra clímax, o abacaxi ocuparia o estrato baixo; o limão, o médio; o ingá e a jaca, o alto; e a palmeira-juçara e o jatobá, o emergente.

Obviamente, o uso inteligente do espaço vertical requer a complementação com o manejo adequado do sistema. Quando uma agroflorestra é estabelecida, é importante sincronizar todas as espécies usadas no sistema. Sabe-se, por exemplo, que espécies como a laranjeira e o cafeeiro necessitam de luz em seus períodos pré-florais. Milz (2010) explica o caso da laranjeira. A espécie é de origem asiática e ocupa o estrato médio nas florestas naturais. Antes de a laranjeira entrar em floração, a maioria das espécies arbóreas do estrato alto perde suas folhas nos ecossistemas naturais, o que permite maior entrada de luz e, conseqüentemente, a indução da floração da laranjeira. Nas agroflorestas, é recomendável replicar esse mesmo fenômeno: no período pré-floral da laranjeira, as árvores dos estratos mais altos devem

perder suas folhas ou ser podadas drasticamente quando não perdem as folhas naturalmente (eucalipto e bananeira, por exemplo). Desse modo, o sistema é sincronizado para que a laranjeira tenha condições adequadas de produção. O mesmo vale para o cafeeiro.

SUCESSÃO DAS ESPÉCIES

Um ecossistema natural se desenvolve ou evolui por meio da sucessão ecológica - sucessão primária ou secundária. A sucessão primária ocorre em substratos não previamente ocupados por organismos, em ambientes desprovidos de vida. A sucessão secundária ocorre em substratos que foram anteriormente ocupados por outras comunidades, em ambientes que sofreram algum distúrbio ou perturbação de origem natural ou antrópica - como eventos climáticos extremos, queimadas e corte ou queda de árvores em uma floresta.

Na natureza, associações de plantas se sucedem em um processo dinâmico. Locais perturbados ou esgotados são colonizados por plantas pioneiras. As pioneiras são sucedidas por espécies de estágios intermediários até que o ecossistema finalmente atinja as condições de uma comunidade clímax. A sucessão de espécies é o processo natural de acumulação quantitativa e qualitativa de fertilidade do solo, diversidade, complexidade, energia e vitalidade, em que o consórcio colonizador (inicial) transforma gradualmente o ambiente para receber consórcios mais diversos e com espécies mais exigentes (clímax) (VAZ, 2001). As plantas pioneiras, portanto, são usadas para recuperar os solos nas fases iniciais da agroflorestra (GÖTSCH, 1992).

As espécies pioneiras são capazes de crescer em solos pobres e colonizam espaços abertos, melhorando o solo e criando condições para que espécies secundárias sejam capazes de crescer (VAZ, 2001). A sucessão como princípio do SAF sucessional é uma tentativa de imitar a sucessão natural das espécies e permite acelerar o processo de recuperação do ambiente perturbado (ou degradado pela agricultura convencional) mediante intervenções estratégicas (GÖTSCH, 1992).

O princípio da sucessão resume-se no estabelecimento de consórcios sucessivos, em que cada consórcio cria condições melhores para outro que virá posteriormente. A escolha das espécies que compõem o sistema segue a dinâmica e a lógica da sucessão natural, especificamente da sucessão secundária, não se tratando apenas de trabalhar com rotações de culturas ou consórcios de plantas (PASINI, 2017). Cada consórcio predomina na área até que o próximo, já convivendo com o primeiro, inicie seu período de dominância - assim, o consórcio é determinado pelo anterior e determinará o seguinte (VAZ, 2001).

A sucessão ecológica tradicional classifica somente as espécies arbóreas em grupos sucessionais, não incluindo espécies agrícolas domesticadas. Para Götsch, espécies pioneiras equivalem às espécies herbáceas, com todas as características atribuídas por outros autores às pioneiras, e estão incluídas como tais no processo de sucessão (SILVA, 2002). Dessa forma, a classificação sucessional das espécies, como Götsch propõe, está relacionada às exigências quanto à qualidade ambiental e às funções desempenhadas pelas espécies nas agroflorestas.

Na agricultura convencional, o frequente preparo do solo com o revolvimento e uso de fertilizantes impede o curso da sucessão vegetativa, condenando o ecossistema a permanecer em um estágio inicial de sucessão secundária (PASINI, 2017). A repetição de cultivos de ciclos curtos, monocultivos perenes ou mesmo alguns policultivos perenes, em uma análise análoga ao processo natural de sucessão, promove forçosamente a manutenção da área em fase de clareira (início da sucessão), quebrando os ciclos naturais necessários para o aumento de complexidade, vida e energia inerente ao processo sucessional, conduzindo o sistema a processos degradativos e instáveis (PASINI, 2017; VAZ, 2017).

Com a agrofloresta formada, não é mais possível cultivar espécies que necessitam de maiores luminosidades, como milho, quiabo e hortaliças. Para produzi-las, é necessário podar drasticamente as árvores, com a vantagem de que a qualidade e a

atividade biológica do solo agora são melhores do que eram inicialmente. Esse processo assemelha-se à abertura natural de clareiras nas florestas, por meio da queda de árvore. Entre outros benefícios, a abertura de clareiras nas agroflorestas possibilita a entrada de luz no sistema e o aporte abundante de resíduos vegetais ao solo.

PODAS: ABERTURA DE CLAREIRAS E APORTE DE RESÍDUOS VEGETAIS AO SOLO

Tabarelli e Mantovani (1999) citam que as clareiras naturais, causadas pela queda de árvores do dossel, são consideradas um mecanismo de manutenção da diversidade de espécies nas florestas tropicais e que essas clareiras representam nichos distintos de colonização, permitindo a coexistência de espécies com diferentes histórias de vida. Uma clareira aberta quase sempre é revegetada por grande diversidade de plantas e geralmente apresenta uma composição de espécies diferente da que recompôs a clareira anterior (VAZ, 2017).

Nos SAFs sucessionais, as podas contínuas cumprem duas importantes funções: a abertura de clareiras para a renovação do sistema e o aporte abundante de resíduos vegetais ao solo. As podas constantes garantem alta produção de biomassa, o que contribui para conservação do solo (BALEIRO; DE MARCO JR., 2017).

Entre os benefícios do aporte de resíduos vegetais ao solo, destacam-se a melhoria da fertilidade, dos teores de matéria orgânica e da estrutura, a redução das oscilações térmicas e da evaporação da água, o aumento da atividade microbiana e a supressão do crescimento de plantas invasoras. Para aumentar a vida útil do solo e manter um fluxo constante de nutrientes, é necessário manter o solo coberto por meio do aporte regular de material orgânico de diferentes composições e tempos de decomposição (VAZ, 2001).

A poda drástica dos eucaliptos e bananeiras, por exemplo, cumpre um papel ecológico fundamental: o distúrbio. Por distúrbio entende-se qualquer fator que promova mortalidade súbita e indiferenciada

nas espécies de uma comunidade, tais como alterações severas no clima e no solo e queda de árvores (GIACOMINI, 2007). Desse modo, o distúrbio pode mudar as relações de dominância competitiva em uma comunidade, dando espaço ao surgimento, desenvolvimento ou dominância de outras espécies e à continuidade ao processo sucessional.

A poda drástica aumenta a quantidade de luz e nutrientes disponíveis para a próxima geração de espécies vegetais. A poda funciona como reguladora da sucessão de espécies, porque influencia particularmente cada planta em relação ao acesso à luz, ao espaço e à área de folhagem, além de favorecer o florescimento de algumas espécies (VAZ, 2001). Se o intuito é cultivar espécies anuais mais exigentes por luz, é possível retornar à fase pioneira da sucessão por meio da poda drástica ou do desbaste parcial quando um consórcio de plantas mais altas chega ao fim do seu ciclo de vida.

A agricultura convencional fixou-se no momento da clareira, na diminuição ou até na exclusão do elemento arbóreo em seus sistemas de produção. A base da alimentação humana é gerada em clareiras (arroz, feijão, trigo, milho, mandioca etc.), inclusive essa foi a direção dada à atividade pecuária, em que mesmo aos animais oriundos de vegetações florestais foi dado um ambiente aberto e sem árvores, em enormes clareiras permanentes (VAZ, 2017).

Bananeira, eucalipto, acácia mangium, gliricídia e gramíneas (capim mombaça, por exemplo) são alguns exemplos de espécies utilizadas para as podas contínuas dos SAFs sucessionais. Ingã, jamelão, castanha-do-maranhão e outras também podem ser utilizadas para esse fim, mas seu uso é menos frequente. Dependendo do nível de degradação do solo, o sistema deve ser iniciado com espécies colonizadoras e pioneiras, mais rústicas e eficientes na ciclagem de nutrientes e que tenham maior capacidade de melhorar a qualidade do solo (GÖTSCH, 1997). Por isso, essas espécies têm sido as mais utilizadas.

Eucalipto e acácia mangium são espécies com grande capacidade de produção de biomassa, rápida rebrota após a poda e toleram condições de solo e clima mais limitantes a crescimento vegetal. Como são espécies de ecossistemas com pouca disponibilidade de água e nutrientes, adaptam-se aos solos pobres e degradados, como os brasileiros (PASINI, 2017).

Uma grande dificuldade, ao iniciar o SAF sucessional, é obter biomassa em quantidade suficiente para cobrir o solo nos dois primeiros anos. Na fase inicial, essa biomassa pode ser trazida de áreas externas, como de podas urbanas ou capineiras, mas esse procedimento é dispendioso. Por isso, é muito importante planejar a introdução de espécies de rápido crescimento e elevada produção de biomassa, que tolerem condições edáficas restritivas e que podem ser podadas em poucos meses de vida. Além dos benefícios para o solo, as plantas de rápido crescimento podem sombrear mudas e plântulas de outras espécies, oferecendo a proteção necessária para a sua sobrevivência e estabelecimento.

As plantas utilizadas para as podas podem ser divididas em adubadoras e de cobertura. As adubadoras são aquelas de rápida decomposição, sobretudo em regiões de clima tropical, de baixa relação C/N e geralmente fixadoras de N₂. Essas espécies aportam compostos menos estáveis, atuando melhor na fertilidade dos solos. As espécies adubadoras, inclusive aquelas arbóreas, devem ser plantadas de forma adensada para que possam ser podadas, raleadas e incorporadas como matéria orgânica (MICCOLIS et al., 2016). Gliricídia, leucena, ingã, eritrina, margaridão, crotalária, feijão-de-porco, feijão-guando e mucunas são alguns exemplos.

As espécies utilizadas para a cobertura do solo são aquelas de decomposição mais lenta e, nesse caso, tem-se o benefício da cobertura e da proteção à superfície do solo por mais tempo. Seus resíduos são mais lignificados, com maior relação C/N, aportando

compostos mais estáveis e permanentes ao solo. Alguns exemplos são a bananeira, o eucalipto e as plantas C4, como capins e milho.

A elevada produção de biomassa, a rápida rebrota, a rusticidade e o baixo custo e facilidade de aquisição são os principais critérios para a seleção das espécies para as podas, por isso que eucalipto, bananeira, acácia mangium ou algumas gramíneas têm sido as mais utilizadas nos SAFs sucessionais.

RESULTADOS DE PESQUISAS EM AGROFLORESTAS SUCESSIONAIS

Em um estudo comparativo entre plantações de laranja da variedade valência em SAFs sucessionais e em monocultivos de mesma idade, na região de Alto Beni, La Paz, Bolívia, Milz (2010) verificou que a incidência da mosca-das-frutas (*Anastrepha* spp. e *Ceratitis capitata*) e o número de frutos caídos foram significativamente superiores nos monocultivos, e o número de frutos por planta foi superior nos SAFs sucessionais. O autor levanta o seguinte questionamento: por que as culturas agrícolas em monocultivo apresentam, mais cedo ou mais tarde, sérios problemas com doenças e pragas? Segundo o autor, os fatores que causam os problemas nas culturas não residem apenas em um agente ou inseto nocivo e, portanto, os problemas fitossanitários não podem ser resolvidos apenas combatendo-os.

Peneireiro (1999) comparou duas áreas contíguas no sul da Bahia: uma manejada há 12 anos com SAFs sucessionais e outra de mesma idade não manejada (capoeira), com as mesmas características de relevo, histórico de ocupação, face de exposição ao sol e tipo de solo. O autor verificou que os teores de P no solo do SAF (29 ppm) foram aproximadamente sete vezes maiores na camada de 0-5 cm, quando comparados aos teores na área de capoeira (4 ppm). Nessa mesma camada, os teores de Ca e Mg do solo sob o SAF foram de aproximadamente 110 e 82 mmol_c kg⁻¹, respectivamente; na área de capoeira, os teores foram de 55 e 17 mmol_c kg⁻¹. Os teores de B, Cu, Mo

e Zn mais que dobraram no SAF. O autor concluiu que o SAF melhorou a qualidade da serrapilheira e a fertilidade e macrofauna edáficas, comparadas com a área de capoeira, o que significa que o SAF é mais benéfico para o ambiente do que a ausência de intervenção.

Entre os anos de 2016 e 2019, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) iniciou uma série de estudos experimentais em SAF sucessionais. Os objetivos dos estudos foram baseados em questionamentos de agricultores e técnicos e em demandas de pesquisa no assunto - benefícios ambientais e rentabilidade. Após quase dois anos de ensaios experimentais, verificou-se que o SAF sucessionais aumentou os teores de matéria orgânica (Tabela 1) e a atividade microbiana do solo (Figura 1). Importante destacar que o teor inicial de matéria orgânica do solo (MOS) era de 18,4 g kg⁻¹. Em menos de um ano, foi possível aumentar os teores de MOS em aproximadamente 54% nas áreas de manejo agroflorestal sintrópico. Já em monocultivos convencionais de culturas anuais (Anuais), cafeeiro conilon (Café) e laranjeira (Laranja), esses incrementos foram de apenas 28%, 27% e 20%, respectivamente.

Tabela 1. Teores médios de matéria orgânica do solo (MOS) em um ensaio experimental realizado em Cachoeiro de Itapemirim, ES. Tratamentos avaliados: sistemas agroflorestais sucessionais com cafeeiro conilon (SAF-C) e fruteiras (SAF-F) e monocultivos convencionais de culturas anuais (Anuais), cafeeiro conilon (Café) e laranjeira (Laranja). Avaliações realizadas aos nove meses de experimentação

	SAF-F	SAF-C	Laranja	Anuais	Café
MOS (g kg ⁻¹)	28,8 a	27,8 ab	23,6 bc	23,3 bc	22,0 c

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

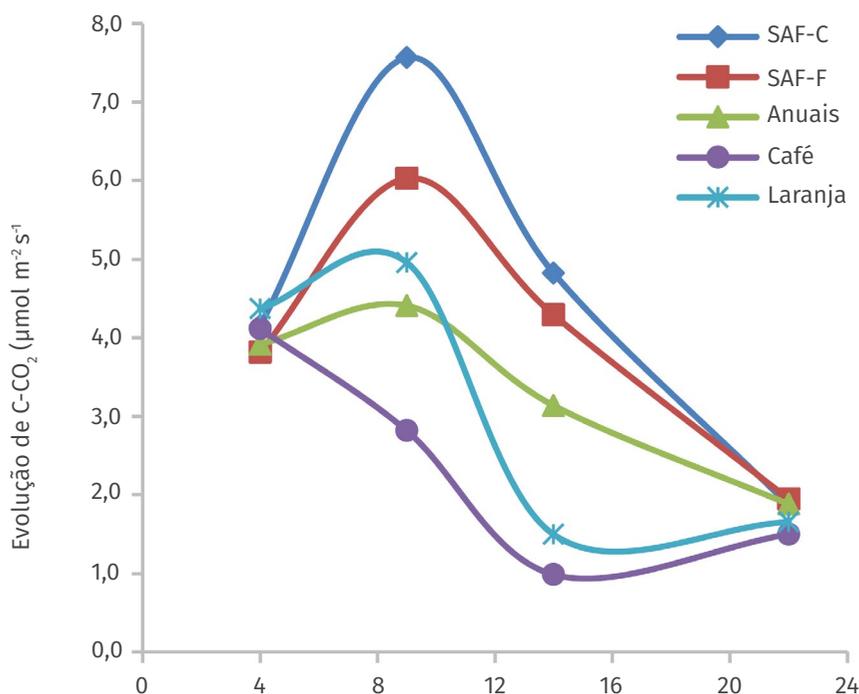


Figura 1. Evolução de C-CO₂ do solo (estimativa da atividade microbiana edáfica) em um ensaio experimental realizado em Cachoeiro de Itapemirim, ES. Tratamentos avaliados: sistemas agroflorestais sucessionais com cafeeiro conilon (SAF-C) e fruteiras (SAF-F) e monocultivos convencionais de culturas anuais (Anuais), cafeeiro conilon (Café) e laranjeira (Laranja). Avaliações realizadas aos 4 (set/2017), 9 (fev/2018), 14 (jul/2018) e 22 (mar/2019) meses de experimentação.

Nos ensaios experimentais realizados no Incaper, observou-se o declínio da atividade microbiana, estimada por meio da evolução de C-CO₂ do solo, em sistemas convencionais de cultivo, principalmente do cafeeiro conilon (Figura 1). A evolução de C-CO₂ do solo foi avaliada em campo com o auxílio de um analisador portátil acoplado a uma câmara dinâmica LI-8100 (LI-COR Bioscience, Nebraska, EUA). Os SAFs sucessionais, graças ao aporte abundante e diversificado de resíduos vegetais, são capazes de manter a atividade microbiana em níveis mais elevados. Foi realizada uma análise de correlação linear de Pearson entre os atributos evolução de C-CO₂, temperatura e umidade na superfície do solo, sendo o coeficiente de correlação não significativo, ao nível de 5%, em todas as possíveis combinações. Isso sugere que outros fatores estejam mais relacionados à atividade microbiana do que umidade e temperatura do solo.

Os resultados de umidade do solo também têm demonstrado a importância dos SAFs sucessionais para a conservação da água. Aos quatro e aos nove meses de ensaio experimental, os SAFs apresentaram teores de umidade do solo mais elevados, principalmente na camada de 0 a 20 cm (Figura 2). Importante destacar dois pontos: nessas fases de experimentação, todos os tratamentos foram igualmente irrigados, e a densidade de plantas foi consideravelmente maior nos SAFs. Aos nove meses de experimentação, feijão e milho já tinham sido colhidos e as parcelas estavam ocupadas com mandioca, inhame, bananeira, eucalipto, laranja (SAF-F) ou cafeeiro (SAF-C) e outras culturas. Os eucaliptos possuíam mais de seis metros de altura nessa fase.

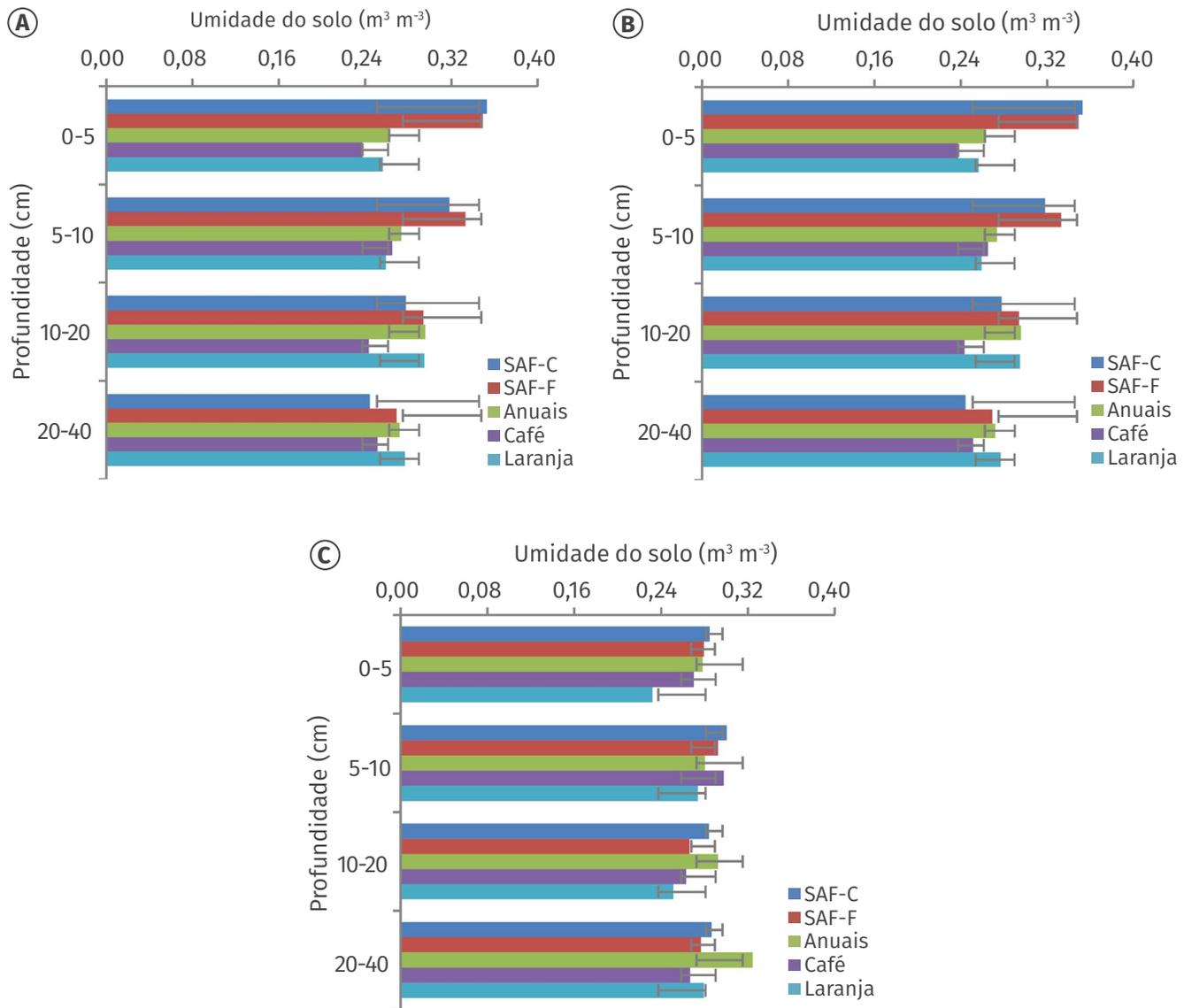


Figura 2. Teores médios de umidade do solo em um ensaio experimental realizado em Cachoeiro de Itapemirim, ES. Tratamentos avaliados: sistemas agroflorestais sucessionais com cafeeiro conilon (SAF-C) e fruteiras (SAF-F) e monocultivos convencionais de culturas anuais (Anuais), cafeeiro conilon (Café) e laranjeira (Laranja). Avaliações realizadas aos 4 (set/2017) (A), 9 (fev/2018) (B) e 14 (jul/2018) (C) meses de experimentação. As barras representam o desvio padrão.

Aos 14 meses de experimentação, os valores de umidade do solo nos SAFs e no tratamento com culturas anuais (Anuais) foram aproximados na camada de 0 a 20 cm (inverno/2018). Nesse período, tanto nos SAFs quanto no tratamento Anuais foram

cultivadas algumas hortaliças. Contudo, nos SAFs foram utilizados apenas 40% da quantidade de aspersores utilizada no tratamento Anuais e todas as parcelas foram irrigadas pelo mesmo período de tempo. Isso significa que, em um sistema convencional

de cultivo de hortaliças, seriam necessários 1.333 microaspersores em um hectare para se obter valores de umidade do solo próximos àqueles obtidos em um hectare de hortaliças cultivadas em SAFs sucessionais; porém, neste último caso, utilizando apenas 533 microaspersores. Os resultados preliminares indicam uma economia de 60% da água utilizada na irrigação de hortaliças em SAFs.

O sombreamento causado pelas árvores mantém a umidade do solo em níveis mais elevados e reduz a quantidade de água perdida por evapotranspiração (LIN, 2010). Além do sombreamento, a cobertura com resíduos vegetais impede a incidência direta da radiação solar sobre o solo e serve de barreira física contra a evaporação da água.

Com relação à fertilidade do solo, destacam-se os resultados dos teores de K obtidos já no início dos ensaios experimentais. O teor inicial de K no solo era de aproximadamente 150 mg dm^{-3} . Aos nove meses de experimentação, os teores no SAF-C e SAF-F aumentaram em 19% e 23%, respectivamente (Figura 3). Nos monocultivos convencionais, os teores de K no solo reduziram. Nos tratamentos Anuais, Café e Laranja, os teores corresponderam a 67%, 88% e 77% dos teores que havia inicialmente no solo. O que merece destaque é que não foi realizada nenhuma adubação potássica nesse período e, portanto, o que explica os incrementos nos teores de K nos SAFs é a ciclagem de nutrientes e os efeitos da MOS na retenção desse nutriente.

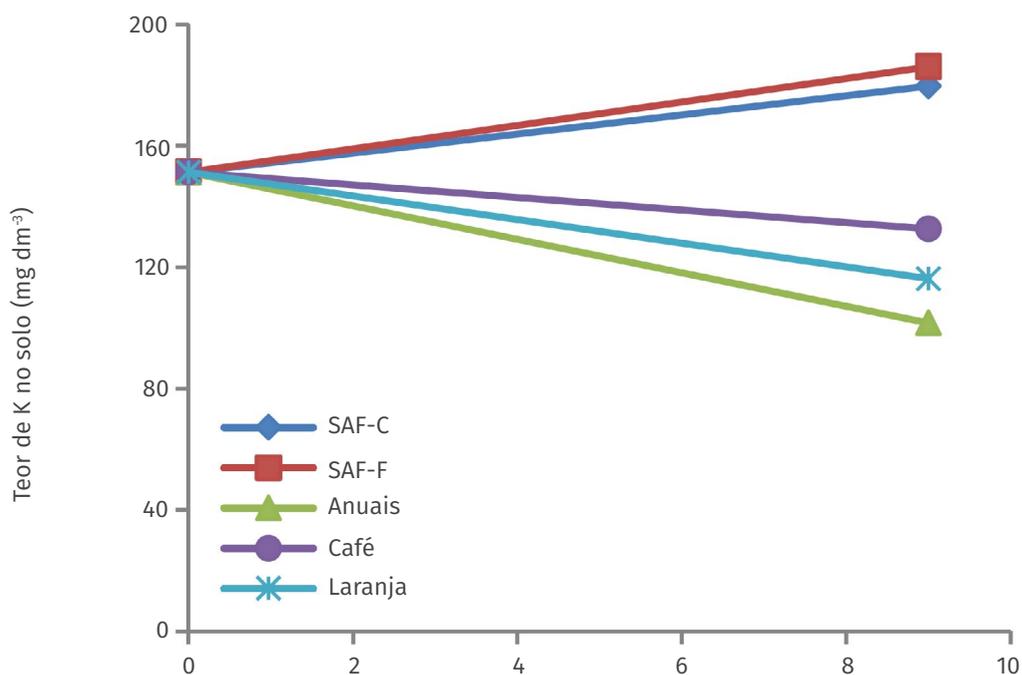


Figura 3. Teores médios de potássio do solo em um ensaio experimental realizado em Cachoeiro de Itapemirim, ES. Tratamentos avaliados: sistemas agroflorestais sucessionais com cafeeiro conilon (SAF-C) e fruteiras (SAF-F) e monocultivos convencionais de culturas anuais (Anuais), cafeeiro conilon (Café) e laranjeira (Laranja). Avaliação realizada aos nove meses (fev/2018) de experimentação.

ANÁLISE ECONÔMICA DA AGROFLORESTA SUCESSIONAL

Armengot et al. (2016) compararam a produtividade e o retorno financeiro de quatro sistemas de produção de cacau em Alto Beni, Bolívia, durante os primeiros cinco anos de cultivo: SAFs sucessionais e monocultivos sob os manejos orgânico e convencional. Os autores verificaram que os SAFs podem ser tão rentáveis ou mais lucrativos que o monocultivo, mesmo o cacau sendo 41% mais produtivo neste último. As receitas obtidas pela venda de banana dos SAFs compensaram as maiores receitas obtidas com as produtividades superiores de cacau nos monocultivos a pleno sol. Esse resultado destaca o papel das culturas secundárias na rentabilidade dos SAFs.

No estudo de Armengot et al. (2016), a maior produtividade do cacau nos monocultivos é atribuída à maior incidência luminosa e ao vigor das plantas a pleno sol, em comparação ao ambiente sombreado das agroflorestas. Apesar disso, os SAFs apresentaram maiores receitas totais e menores custos totais que os monocultivos. Isso porque as receitas obtidas com as vendas de produtos secundários compensaram as menores receitas com o cacau, e os custos com fertilizantes e com o controle de plantas invasoras foram menores. Os resultados de Armengot et al. (2016) revelam a necessidade de as pesquisas não focarem apenas na produtividade das culturas individualmente, mas na análise financeira de todo o sistema.

Resultados preliminares dos experimentos conduzidos no Incaper indicam o rápido retorno econômico e a viabilidade financeira dos SAFs sucessionais. Os dados coletados em campo foram inseridos na Planilha de Análise Financeira de Sistemas Agroflorestais desenvolvida pela Embrapa (ARCO-VERDE; AMARO, 2015), importante ferramenta que permite padronizar informações e comparar resultados de diferentes arranjos produtivos.

Após dois anos de manejo, o SAF-C – agrofloresta sucessional que tem o cafeeiro conilon como cultura principal –, com o cultivo de culturas alimentares

no primeiro ano e de hortaliças no segundo, gerou fluxo de caixa positivo a partir do 16º mês de cultivo (Figura 4). Moura (2013) verificou que, dependendo do arranjo produtivo adotado, o retorno do investimento pode ocorrer no segundo ano. Ressalta-se que o mecanismo de sucessão utilizado no SAF sucessional, no qual hortaliças e culturas anuais compõem majoritariamente o conjunto de plantas de interesse econômico das etapas iniciais do sistema, é a chave para o rápido retorno do investimento, algo crucial para a agricultura familiar.

O fluxo de caixa dependerá do arranjo agroflorestal adotado. Os SAFs sucessionais normalmente começam com grande densidade de culturas anuais e hortaliças, o que gera o rápido fluxo de caixa positivo. Essas culturas normalmente permanecem no sistema até o terceiro ano, quando o sombreamento passa a ser impeditivo e o sistema começa a migrar para um estágio sucessional posterior. Com a saída dessas espécies, há redução da necessidade de mão de obra (ARCO-VERDE; AMARO, 2015).

Verificou-se que 63% do custo total correspondem ao custo com mão de obra e 37%, com insumos. Outros autores identificaram tendência semelhante de alto custo com mão de obra em SAFs (BENTES-GAMA et al., 2005; MOURA, 2013). Em muitos arranjos agroflorestais, é comum que as despesas com insumos externos sejam maiores na fase de implantação e diminuam com o tempo.

Ainda são escassos os estudos de análise econômica de agroflorestas sucessionais, cujos resultados podem variar bastante em função das espécies cultivadas. Estudos que envolvem a coleta de dados em campo exigem grande esforço devido à frequência de intervenções no sistema.

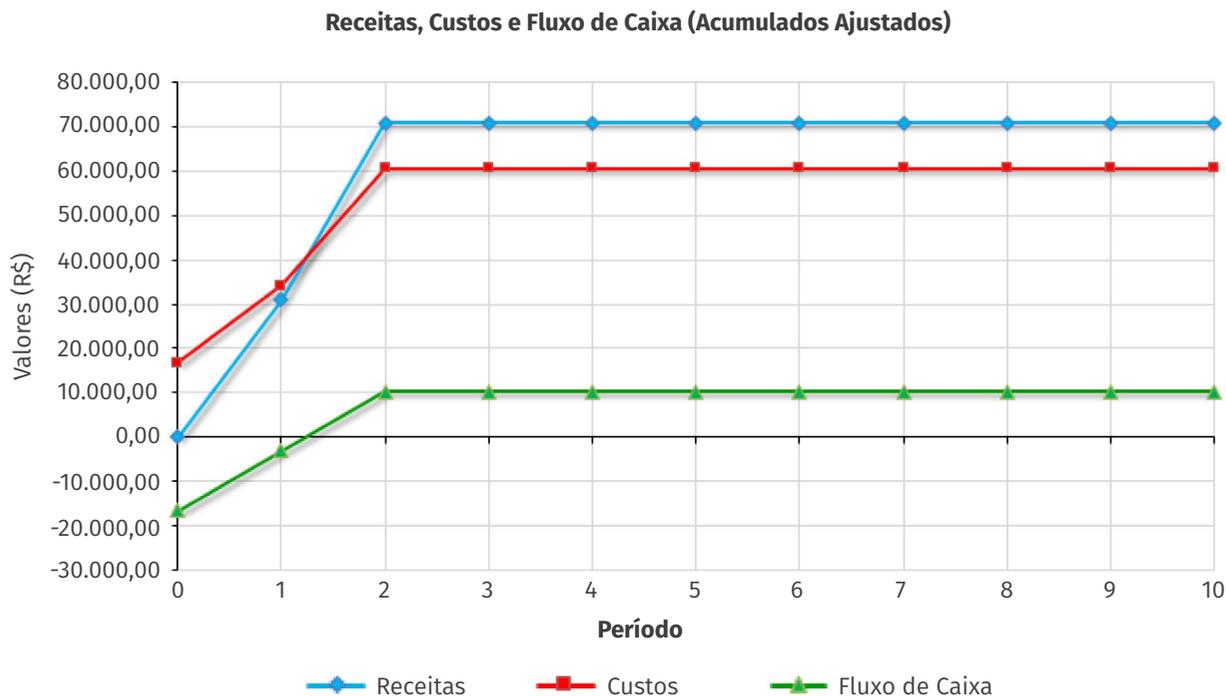


Figura 4. Receitas, Custos e Fluxo de caixa acumulados para um hectare de agrofloresta sucessional com cafeeiro conilon como cultura principal, aos dois anos de avaliação. Ensaio experimental realizado em Cachoeiro de Itapemirim, ES.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas com agroflorestas sucessionais no Brasil avançaram na última década. Os resultados experimentais e as experiências de agricultores indicam a viabilidade socioeconômica e ambiental do sistema. Os resultados preliminares das pesquisas desenvolvidas no Incaper também demonstram o potencial das agroflorestais em reduzir a demanda por irrigação e melhorar a fertilidade do solo, além da viabilidade financeira e do retorno econômico com menos de dois anos de manejo. Porém, a despeito dos resultados promissores que vêm apresentando, a importância dada ao tema em universidades e instituições de pesquisa ainda é pequena.

Há diversas questões de ordem técnica e social que precisam ser cientificamente investigadas: quais os arranjos de plantio e manejo mais adequados para áreas acidentadas? É possível definir uma proporção ideal de espécies leguminosas e não leguminosas geradoras de biomassa para gerar

um equilíbrio entre fornecimento de nutrientes e de materiais de cobertura para o solo? Quais os espaçamentos mais adequados para a linha das árvores (biomassa), considerando as necessidades das diferentes culturas agrícolas? Como incorporar os princípios do sistema para a pecuária bovina? É possível desenvolver máquinas para o sistema em pequenas propriedades? A agrofloresta sucessional pode ajudar a manter os jovens no campo? Qual o papel do poder público para que as técnicas cheguem às propriedades rurais?

Por fim, a demanda de mão de obra nas atividades rurais é vista como um problema. Contudo, as pesquisas e experiências de agricultores apontam para o rápido retorno econômico e viabilidade financeira das agroflorestas sucessionais. Não seria a agricultura sintrópica um caminho para lidar com a crise socioambiental do campo?

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) pelo apoio financeiro concedido às pesquisas no Incaper (processo nº 76463494). Agradecem, também, aos funcionários da FEBN-Incaper e aos alunos estagiários da Ufes e da Eface-Mepes que, com dedicação e alegria, contribuíram para as pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ARCO-VERDE, M.F.; AMARO, G.C. Metodologia para análise da viabilidade financeira e valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. (Eds). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015. 335-346.
- ARMENGOT, L.; BARBIERI, P.; ANDRES, C.; MILZ, J.; SCHNEIDER, M. Cacao agroforestry systems have higher return on labor compared to full-sun monocultures. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, p. 1-10, 2016.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.D.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011.
- BALEEIRO, A.V. F.; DE MARCO JR, P. Bases científicas e epistemológicas para a agricultura sintrópica. In: **X Congresso Brasileiro de Agroecologia**, 2017, Brasília. Anais do X CBA, 2017.
- BALEEIRO, A.V.F. **Intersecção termodinâmica-ecologia e discussão das bases científicas da agricultura sintrópica**. 2018. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução)- Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
- BENTES-GAMA, M.M.; SILVA, M.L.; VILCAHUAMÁN, L.J.M.; LOCATELLI, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho D'oeste - RO. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 401-411, 2005.
- BRILLOUIN, L. The negentropy principle of information. **Journal of Applied Physics**, v. 24, n. 9, p. 1152-1163, 1953.
- CASPER, B.B.; JACKSON, R.B. Plant Competition Underground. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, p. 545-570, 1997.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência Rural**, v. 26, n. 1, p. 167-174, 1996.
- CLAUSIUS, R. Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie **Annalen der Physik und Chemie**, v. 125, n. 7, p. 353-400, 1865.
- CRAINE, J.M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, v. 27, p. 833-840, 2013.
- GIACOMINI, H.C. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 521-543, 2007.
- GÖTSCH, E. **Homem e natureza**: cultura na agricultura. 2. ed. Recife: Recife Gráfica Editora, 1997. 12 p.
- GÖTSCH, E. **Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery**. Agrossilvicultura Ltda., 1992. 19 p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Resultados preliminares. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017/resultados-preliminares.html>. Acesso em: maio 2019.
- LIN, B.B. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, p. 510-518, 2010.
- LUNDGREN, B.; RAIN TREE, J.B. Sustained agroforestry. In: Nestel, B. (ed.). **Agricultural research for development: potentials and challenges in Asia**. Jakarta: ISNAR, 1982. p. 37-49.
- MENDONÇA, G.C.; CHICHORRO, J.F.; MENDONÇA, A R.; GUIMARÃES, L.A.O.P. Avaliação silvicultural de dez espécies nativas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 277-290, 2017.
- MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F.M.; MARQUES, H.R.; MASCIA, D.L.V.; ARCO-VERDE, M.F.; HOFFMANN, M.R.; REHDER, T. **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais**: Como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: ISPN/ICRAF, 2016. 266 p.
- MILZ, J. Producción de Naranja (*Citrus sinensis*) en sistemas agroforestales sucesionales em Alto Beni, Bolivia - Estudio de caso. In: Beck, S. (Ed.). **Biodiversidad y Ecología en Bolivia**. La Paz: Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, 2010. p. 324-340.
- MOURA, M.R.H. **Sistemas agroflorestais para agricultura familiar**: análise econômica. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- NAIR, P.K.R. **An Introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499 p.
- PASINI, F. S. **A agricultura sintrópica de Ernst Götsch**: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- PENEIREIRO, F.M. Fundamentos da agrofloresta sucessional. In: **II Simpósio de Agrofloresta Sucessional**, 2003, Aracaju. II Simpósio de Agrofloresta Sucessional. 2003.

PENEIREIRO, F.M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural**: um estudo de caso. 1999. 149f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

RISCH, S.J.; ANDOW, D.; ALTIERI, M.A. Agroecosystem Diversity and Pest Control: data, tentative conclusions, and new research directions. **Environmental Entomology**, v. 12, p. 625-629, 1983.

SCHRÖDINGER, E. **What is life?** The physical Aspect of the Living Cell. Cambridge: University Press, 1944. 91p.

SILVA, P.P.V. **Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP**. 2002. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SOUZA, D.L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; PINTO, M.S.C. As abelhas como agentes polinizadores. **Revista eletrônica de Veterinária**, v. 8, p. 1-7, 2007.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Clareiras naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma Floresta Atlântica Montana. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 251-261, 1999.

TOGNI, P.H.B.; FRIZZAS, M.R.; MEDEIROS, M.A.; NAKASU, E.Y.T.; PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R. Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 183-188, 2009.

VAZ, P. Agroflorestas, clareiras e sustentabilidade. In: Canuto, J.C. **Sistemas agroflorestais**: experiências e reflexões. Brasília: Embrapa, 2017. p. 189-207.

VAZ, P. Agroforestería en Brasil: una experiencia de regeneración análoga. **Boletín de ILEIA**, v. 16, n. 3, p. 5-7, 2001.

Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável

André Guarçoni¹; Luiz Fernando Favarato²; Silvia Regina Stipp³; Valter Casarin⁴

Resumo - O Brasil é um dos líderes mundiais em produção agropecuária. Mas os solos brasileiros, devido ao elevado intemperismo, não condizem com essa constatação, pois são considerados, em geral, de baixa fertilidade. Entretanto, ao longo do tempo, foram desenvolvidas tecnologias que tornaram o país capaz de dominar a agricultura tropical, transformando solos pobres, inadequados à agricultura, em solos produtivos. O objetivo deste trabalho foi demonstrar como os sistemas de cultivo, integrados ao manejo dos corretivos, dos condicionadores e da adubação, podem influenciar positivamente a fertilidade do solo, com impacto nos componentes físico, químico e biológico, visando uma produção agropecuária mais sustentável, considerando os pilares econômico, ambiental e social. Para tanto, são apresentados e discutidos os sistemas de manejo dos solos, capazes de modificar seus atributos químicos, físicos e biológicos, o processo correto de amostragem dos solos para avaliação de sua fertilidade, os efeitos de corretivos e condicionadores na melhoria de sua qualidade, bem como as novas perspectivas de cálculo para definição das doses a serem aplicadas, e o “Manejo 4C”, que visa o uso mais eficiente dos fertilizantes, partindo do princípio de se aplicar a fonte certa, na dose certa, na época certa e no lugar certo. A integração dessas tecnologias ou conceitos permite, indubitavelmente, incrementar e manter a fertilidade do solo em um nível suficiente para que a produção agropecuária seja sustentável, mas com elevados patamares de produtividade.

Palavras-chaves: Sistemas de manejo dos solos. Amostragem de solo. Calagem. Gessagem. Manejo 4C.

Soil fertility management for sustainable agricultural production

Abstract - Brazil is one of the world leaders in agricultural production. Despite the low fertility of Brazilian soils, due to the high weathering, technologies have been developed over time that have made the country able to dominate tropical agriculture, transforming poor soils, unsuitable for agriculture, in productive ones. The objective of this study was to demonstrate how the crop system, integrated into the management of correctives, conditioners and fertilization, can positively influence soil fertility, with impact on the physical, chemical and biological components, aiming at a more sustainable agricultural production, considering the economic, environmental and social pillars. Therefore, the soil management systems capable of modifying their chemical, physical and biological attributes are presented and discussed. The correct process of sampling of soils are also presented, aiming to evaluate their fertility, the effects of correctives and conditioners in the improvement of their quality, as well as the new perspectives of calculation to define the rates to be applied, and the “4R Nutrient Stewardship”, which aims at the most efficient use of fertilizers, based on the principle of applying the right source, at the right rate, at the right time, and at the right place. The integration of these technologies or concepts undoubtedly allows the increase and maintenance of soil fertility at a sufficient level so that agricultural production is sustainable, but with high levels of productivity.

Keywords: Soil management systems. Soil sampling. Liming. Gypsum. 4R Nutrient Stewardship.

¹Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador do Incaper, guarconi@incaper.es.gov.br

²Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitotecnia e Produção Vegetal, Pesquisador do Incaper

³Engenheira Agrônoma, M.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora da NPCT

⁴Engenheiro Agrônomo e Florestal, D.Sc. Ciência do Solo, Professor Esalq/USP

INTRODUÇÃO

Nos últimos 40 anos, o Brasil saiu da condição de importador de alimentos para se tornar um grande provedor para o mundo. Foram conquistados aumentos significativos na produção e na produtividade agropecuárias. Hoje, a produtividade (produção/unidade de área) das culturas é muito maior, aspecto importantíssimo para a preservação dos recursos naturais. Entretanto, os solos brasileiros são, de modo geral, intemperizados, apresentam abundância de minerais secundários (argilominerais (1:1) e óxidos de Fe e Al), sendo ainda pobres em nutrientes de plantas e ácidos. Isso ocorre porque os nutrientes considerados básicos são lixiviados, gerando, com o tempo, acidez ativa e potencial (LEPSCH, 2010). Fato importante é que a presença de alumínio em profundidade no perfil acompanha o grau de intemperismo do solo (RABEL et al., 2018), ou seja, o subsolo tende a ser mais problemático do que a camada superior.

Solos desse tipo são caracterizados como pobres ou pouco férteis. De forma superficial, pode-se dizer que não são capazes de ceder nutrientes para as plantas em quantidades adequadas e balanceadas. Nessas condições, o crescimento de plantas de interesse econômico é dificultado, devido ao efeito direto da acidez, aos teores tóxicos de elementos como Al^{3+} e Mn^{2+} e aos baixos teores de nutrientes em formas disponíveis (RAIJ, 2011a). Além disso, a fertilidade do solo, caracterizada pela ação conjunta de seus componentes físico, químico e biológico, vai diminuindo cada vez mais, numa escala de tempo que muitas vezes não é percebida na prática, a não ser quando é incrementada pela ação antrópica danosa, como no caso de manejos inadequados do solo.

A baixa fertilidade natural dos solos não é um impeditivo ao avanço da agropecuária brasileira, uma vez que a utilização de tecnologias modernas tornou produtivos solos anteriormente considerados impróprios à produção agropecuária (RAIJ, 2011a). Dois fatores são fundamentais para o ganho de produtividade na agricultura brasileira: a correção do

solo e a adubação das culturas (EMBRAPA, 2019). A correção e a adubação influenciam diretamente os componentes químicos e biológicos da fertilidade do solo, mas seu componente físico é especialmente condicionado por práticas mecânicas de manejo, constituindo diferentes sistemas agropecuários.

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi demonstrar como o manejo moderno e integrado do solo, dos corretivos, dos condicionadores e da adubação podem influenciar positivamente sua fertilidade, com impacto nos componentes físico, químico e biológico, visando uma produção agropecuária mais sustentável, considerando os pilares econômico, ambiental e social.

SISTEMAS DE CULTIVO E MANEJO DO SOLO

A redução da cobertura vegetal nativa, aliada à intensidade de uso do solo, tem resultado na deterioração dos recursos naturais, podendo ocasionar a diminuição do potencial produtivo do solo, além de comprometer sua fertilidade (FREITAS et al., 2017). O manejo adequado dos solos cultivados é importante para conservar ou modificar minimamente seus atributos, mantendo-os ideais para o desenvolvimento das culturas (RODRIGUES et al., 2016). O impacto causado pelo manejo inadequado do solo pode ser avaliado através de suas características, sejam elas físicas, químicas e/ou biológicas (RAMOS et al., 2017).

O uso contínuo e adequado de sistemas de cultivo e manejo proporciona alterações em propriedades e características do solo, cuja intensidade depende do tempo de uso e das condições edafoclimáticas (PAULINO, 2013). Nesse sentido, os sistemas agrícolas que associam a monocultura contínua ao uso de equipamentos inadequados de preparo provocam a degradação do solo cultivado (FREITAS et al., 2017). A atividade agropecuária, por sua vez, tem sido frequentemente desenvolvida sem levar em consideração fatores que podem alterar as características dos atributos físico-químicos do solo, ocasionando, assim, problemas de ordem edáfica. A perda da qualidade do solo em seus aspectos

químicos, físicos e biológicos provoca a redução da capacidade do solo em exercer suas funções diversas, especialmente quando se considera a atividade agropecuária.

Para o manejo adequado do solo, visando a sustentabilidade de sua fertilidade, é imprescindível que a prática a ser adotada esteja de acordo com o Sistema de Classes de Capacidade Potencial de Uso das Terras Agrícolas, que utiliza características como tipo de solo, relevo, uso e clima para classificá-las quanto às diferentes aptidões agrícolas (LEPSCH *et al.*, 1991).

Dos componentes do manejo, o preparo do solo possivelmente seja a atividade que mais exerce influência nos atributos indicadores da qualidade do solo, pois atua diretamente alterando sua estrutura (HAMZA; ANDERSON, 2005). Nesse sentido, entre as diferentes práticas de manejo do solo, as principais são: o preparo convencional, o cultivo mínimo e o sistema plantio direto na palha.

PREPARO CONVENCIONAL

Conhecido também como preparo intensivo do solo, o preparo convencional constitui-se em uma aração, considerada como preparo convencional primário do solo, seguida de uma ou duas gradagens para destorroamento e uniformização da superfície, realizando o chamado preparo convencional secundário.

O objetivo principal dessa prática de cultivo e manejo do solo é permitir o preparo de um leito de semeadura, com a formação de uma camada de agregados suficientemente finos e úmidos, cuja função seria assegurar um bom contato do solo com as sementes, a fim de promover uma rápida germinação e uma pronta emergência das plântulas, além de propiciar a incorporação do calcário, fertilizantes e cobertura verde, seja esta formada por plantas invasoras ou adubação verde. Objetiva também aumentar a porosidade e a permeabilidade, facilitar a absorção de água e, com isso, proporcionar o bom desenvolvimento das plantas (PERDOK; KOUWENHOVEN, 1994).

Esse sistema de cultivo é pautado em tecnologias desenvolvidas para regiões de clima temperado, que envolviam o revolvimento intensivo e profundo do solo, com o emprego de arados e grades, e tinham como principal fundamento a exposição do solo aos raios solares durante a primavera, visando o seu degelo e aquecimento, condição imprescindível para o desenvolvimento das culturas de verão (DEBIASI *et al.*, 2013).

Atualmente, o sistema adotado utiliza dois ou mais implementos agrícolas e tende a aumentar a resistência à penetração nas camadas abaixo da profundidade de corte, prejudicando a infiltração de água no solo e favorecendo o escoamento superficial (REICHERT *et al.*, 2009). É o caso do preparo com grade aradora, que na maioria das vezes trabalha o solo à pouca profundidade, apresentando alto rendimento. Porém, o uso constante desse implemento pode levar à formação de camadas compactadas, chamadas “pé de grade”, que dificultam o desenvolvimento das plantas, devido à manutenção das raízes nas camadas superficiais (CORTEZ *et al.*, 2011).

Apesar desse sistema de cultivo ter por objetivo alterar algumas das propriedades e características físicas do solo, o que melhoraria o desenvolvimento das plantas, quase sempre tem proporcionado degradação devido à utilização de práticas inadequadas (VITÓRIA *et al.*, 2014). Em média, observa-se uma perda de solo anual 50 % superior quando utilizado o preparo convencional, em comparação a sistemas sem preparo, como o plantio direto, com valores da ordem de 30 t ha⁻¹ ano⁻¹ (ADIMASSU; ALEMU; TAMENE, 2019).

Simultaneamente à perda de solo, observa-se a perda da fertilidade. Nesse contexto, Hernani, Kurihara e Silva (1999), conduzindo um trabalho sobre um Latossolo Vermelho distroférico com 0,03 mm⁻¹ de declividade, durante sete anos, constataram perdas médias anuais de P, K, Ca e Mg, na ordem de 0,84 kg ha⁻¹, 7,80 kg ha⁻¹, 19,20 kg ha⁻¹ e 1,70 kg ha⁻¹, respectivamente, quando utilizado o preparo convencional (aração + duas gradagens).

Na soma dos sete anos, as perdas de P e K equivaleram a cerca de 70 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 105 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, respectivamente.

Avaliando os atributos químicos do solo em diferentes sistemas de preparo, no cultivo convencional e orgânico do milho-verde, Favarato et al. (2015) verificaram que os teores de matéria orgânica do solo (MOS) reduziram após o cultivo do milho-verde, nos tratamentos com preparo de solo tanto no cultivo convencional quanto no orgânico. Isso evidencia que o revolvimento intensivo do solo para o seu preparo ocasionou elevada taxa de mineralização da MOS, o que provocou redução nos seus teores.

Além disso, os autores observaram que os teores de MOS, do tratamento com preparo do solo e preparo convencional foram inferiores aos teores dos demais sistemas de cultivo do solo, tanto no início quanto no final do cultivo do milho-verde, indicando que, além do revolvimento intensivo do solo, as adubações realizadas com fertilizantes minerais, como o sulfato de amônio, podem ter proporcionado aumento da taxa de mineralização da MOS.

Cultivos intensivos podem levar à perda da matéria orgânica, devido ao possível aumento da aeração do solo, o que favorece a decomposição de resíduos orgânicos (TIAN et al., 2016). E a perda da matéria orgânica reduz a qualidade química, física e biológica do solo.

CULTIVO MÍNIMO

O cultivo mínimo compreende, como o próprio nome informa, o mínimo de manipulação e revolvimento do solo para o plantio das culturas e é recomendado para solos não muito compactados. Nesse sistema de cultivo, é realizada a subsolagem, que descompacta o solo na linha de plantio, sendo indicada principalmente para lavouras em declive, visando reduzir a erosão (ROSSETTO; SANTIAGO, 2019). Segundo os autores, o cultivo mínimo tem vantagens sobre o convencional, principalmente quanto à redução da erosão e dos custos de preparo do solo. Nesse sentido, Jacobs, Rauber e Ludwig (2009) verificaram que o

cultivo mínimo, comparado ao preparo convencional, não apenas melhorou a estabilidade dos agregados, mas também aumentou as concentrações de carbono orgânico do solo, na profundidade de 5-8 cm após 40 anos. Já Acar, Celik e Günel (2018), estudando o efeito de diferentes sistemas de cultivo sobre o carbono orgânico do solo associado aos agregados, observaram que sistemas mais conservacionistas, como o cultivo mínimo, em geral favoreceram um acúmulo significativamente maior de carbono orgânico no solo, na camada de 0-15 cm de profundidade, em comparação às práticas convencionais de preparo, para todos os tamanhos de agregados.

A adoção do cultivo mínimo resulta em maior conservação do sistema, incluindo a fertilidade do solo, pois a sua estrutura está sujeita a menos dano, a atividade dos microrganismos torna-se mais intensiva e os resíduos pós-colheita são misturados na camada superior do solo, proporcionando acúmulo de matéria orgânica (MEURER et al., 2018), diminuição da erosão (LAL; REICOSKY; HANSON, 2007) e aumento da biodiversidade do solo (HOLLAND, 2004). No entanto, existem também possíveis desvantagens. Por exemplo, a mineralização da MOS pode ser reduzida (PEIGNE et al., 2007), o que deve resultar num menor suprimento de nitrogênio, afetando o desempenho das culturas (COOPER et al., 2016).

Estudos indicam problemas relacionados a plantas invasoras em cultivos orgânicos. Nesse caso, quando se utilizou o cultivo mínimo, a biomassa total de plantas invasoras foi maior do que quando se utilizou o preparo convencional (HOFMEIJER et al., 2019). Armengot et al. (2015) também observaram que após 9 anos de cultivo em sistema orgânico com rotação de culturas, o cultivo mínimo aumentou em 2,3 vezes a quantidade de plantas invasoras. Esses autores apontam ainda que as gramíneas são as invasoras mais problemáticas.

Avaliando o impacto dos sistemas de cultivo e manejo do solo sobre as emissões de CH₄ e N₂O em campos agrícolas, Feng et al. (2018) observaram que o cultivo mínimo aumentou significativamente a emissão de CH₄ em comparação com ao preparo

convencional. Os autores atribuem esse aumento na emissão de CH_4 à menor incorporação dos resíduos no solo quando se realizou o cultivo mínimo, o que proporcionou maior decomposição se comparado ao preparo convencional. Todavia, para Zhang et al. (2013), o sistema plantio direto, devido à menor perturbação do solo e à zona de oxidação de CH_4 mais rasa do que no cultivo mínimo, é mais eficiente em reduzir a emissão de CH_4 . Além disso, segundo Chen et al. (2013), a maior relação C:N das gramíneas (como milho, trigo e cevada) utilizadas na rotação de culturas do sistema plantio direto pode estimular a imobilização microbiana do N no solo, reduzindo assim o N disponível para a produção de N_2O .

SISTEMA PLANTIO DIRETO NA PALHA

O sistema plantio direto fundamenta-se em três princípios básicos: movimentação mínima do solo, manutenção permanente de cobertura do solo e adoção da prática de rotação e sucessão de culturas. Esses fundamentos viabilizam o objetivo principal do sistema em terras altas, que é a conservação do solo (SOSBAI, 2018).

Sistema plantio direto ou semeadura direta são os termos utilizados para definir um sistema de cultivo e manejo do solo no qual as culturas são semeadas sem qualquer preparo, determinando uma perturbação limitada do solo (menor que 5 cm), somente no sulco de semeadura (SOANE et al., 2012). Nesse sistema de cultivo, pelo menos um terço da superfície do solo deve permanecer coberta com resíduos vegetais (BLANCO-CANQUI; RUIS, 2018), promovendo assim a proteção do solo contra a erosão hídrica (PROSDOCIMI et al., 2016; BOGUNOVIC et al., 2018) e aumentando potencialmente tanto o teor de matéria orgânica quanto a presença de microrganismos no solo (BOTTINELLI et al., 2015). Além disso, a conversão para o sistema plantio direto pode melhorar as propriedades físicas do solo (TEBRÜGGE; DÜRING, 1999), aumentar a retenção de água em ambientes de sequeiro (COLECCHIA; RINALDI; DE VITA, 2015) e reduzir os custos operacionais e as emissões de poluentes por máquinas agrícolas (VAN DE PUTTE et al., 2010).

Em relação ao desempenho produtivo de culturas, Favarato et al. (2016), avaliando o crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico, observaram maior crescimento inicial do milho-verde sobre a palha de tremoço branco em monocultivo e em consórcio com aveia-preta, recomendando essas coberturas como boa opção para a formação de palhada no sistema plantio direto orgânico, de forma a garantir o crescimento e a produtividade satisfatória para a cultura do milho-verde. Entretanto, os autores enfatizam que a imobilização do N com o uso da palha de aveia-preta no sistema plantio direto orgânico limitou o crescimento das plantas e o potencial produtivo do milho-verde. Ainda considerando o manejo da palha no sistema plantio direto, Favarato et al. (2018) realizaram um trabalho objetivando avaliar diversas formas de manejo de palhas e semeadoras, sobre diferentes plantas de cobertura, para o sistema orgânico de produção, como alternativas operacionais e econômicas para o pequeno produtor agrícola. Esses autores verificaram que a melhor opção foi o uso do rolo-faca de 2,4 m, entre os métodos de manejo estudados (foice; roçadora costal manual; roçadora frontal de microtrator; roçadora de trator; rolo-faca de 1,0 m de largura para microtrator; e rolo-faca de 2,4 m de largura para trator), pois foi 92 % mais eficiente, se comparado à roçadora de trator, além de proporcionar boas taxas de cobertura de solo.

Estudos relativos aos efeitos do sistema plantio direto sobre propriedades e características dos solos mostraram aumentos na taxa de infiltração de água e capacidade de armazenamento (COPEC et al., 2015), diminuição no escoamento superficial e erosão, em comparação ao preparo convencional (DELAUNE; SIJ; KRUTZ, 2013). Essas diferenças são atribuídas a um aumento na estabilidade de agregados, maior número de poros originados pela macrofauna do solo e crescimento de raízes, bem como a uma diminuição na frequência de tráfego de máquinas sobre o solo, que coletivamente alteraria sua porosidade (HAGHIGHI; GORJI; SHORAFI, 2010).

A cobertura do solo pelos restos culturais representa excelente alternativa, uma vez que, quando bem formada e distribuída uniformemente sobre a superfície do solo, age física e mecanicamente sobre o banco de sementes de plantas invasoras, diminuindo a taxa de germinação, além de contribuir na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo e na manutenção da temperatura e da umidade (PITELLI; DURIGAN, 2001; NOCE et al., 2008).

Em um estudo realizado para avaliar a densidade populacional e a infestação de plantas daninhas no plantio direto orgânico de milho-verde, Favarato et al. (2014) observaram redução de 72 % na densidade populacional com a adoção do sistema plantio direto. Ademais, os autores destacaram que a espécie *Cyperus rotundus* apresentou-se com maiores densidades absoluta e relativa nos sistemas com plantio direto orgânico de milho-verde.

Cantarella, Duarte e Andrade (2005), nesse sentido, afirmaram que a adoção do sistema plantio direto altera características químicas do solo, aumentando, nas camadas superficiais, os teores de matéria orgânica, P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} e os valores da saturação por bases (V) e da capacidade de troca de cátions (CTC). Da mesma forma, para Pavinato e Rosolem (2008), há também elevação do pH do solo a partir da adição de resíduos vegetais, decorrente da complexação do H^+ e do Al^{3+} por compostos orgânicos, resultando em maior disponibilidade de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K, com concomitante aumento da saturação por bases (V).

Em vista dessas informações, o aporte de matéria orgânica e de nutrientes em formas disponíveis no solo irá favorecer sua fertilidade, resultando em maior sustentabilidade para as explorações agrícolas que utilizem sistemas de cultivo mais conservacionistas (PEDROTTI et al., 2015).

AMOSTRAGEM DE SOLO

A amostragem de solo é a primeira prática a ser realizada quando se pretende avaliar sua fertilidade, visando a recomendação de corretivos e fertilizantes, para que produções agropecuárias adequadas sejam

alcançadas, com o mínimo de impacto ambiental possível. Entretanto, amostras de solo coletadas de forma equivocada podem comprometer todo o processo de avaliação da fertilidade por meio de análises químicas, físicas ou biológicas, uma vez que as amostras devem representar fielmente a fertilidade do solo de determinado talhão.

As amostras de solo devem ser coletadas seguindo inúmeros princípios e diretrizes, para que sejam realmente representativas. Todo o processo de coleta é pautado em resultados e apontamentos de diversos trabalhos científicos, e mesmo que tirar terra de uma área pareça algo extremamente simples, o que na verdade é, transformar essa pequena amostra em uma ferramenta de grande utilidade técnico-científica requer conhecimento e reconhecimento de sua relevância.

SISTEMAS DE AMOSTRAGEM

De acordo com a forma como os teores de elementos químicos, as características físicas ou os organismos se distribuem horizontalmente no solo, são utilizados diferentes sistemas de amostragem.

Se a distribuição das características de interesse no solo se dá de forma aleatória (UPCHURCH; EDMONDS, 1991), é realizado o sistema de coleta ao acaso, que por sua vez irá gerar como resultado a avaliação da fertilidade média (BRUS; GRUIJTER, 1997). Nesse caso, são separados na área talhões homogêneos quanto à declividade, tipo de solo, cultura, tratamentos culturais, etc., e coletadas amostras simples de solo que serão devidamente homogeneizadas para formar uma amostra composta representativa do talhão homogêneo (CANTARUTTI et al., 2007). As amostras compostas assim formadas seriam representativas, pois a partir da análise da amostra composta são determinados valores de características químicas iguais aos obtidos quando se realiza as médias aritméticas das determinações das amostras simples de solo (ALVAREZ V.; GUARÇONI, 2003; SANTOS et al., 2009).

Caso a distribuição das características se apresente seguindo determinada dependência espacial, a amostragem deve ser realizada sistematicamente

(BURROUGH, 1991), com amostras individuais coletadas a distâncias específicas na área, que irão gerar os mapas da fertilidade do solo, utilizados na agricultura de precisão para aplicação em taxa variável de corretivos e fertilizantes (GUARÇONI; ALVAREZ V.; SOBREIRA, 2017). Para esse tipo de coleta, Guarçoni et al. (2006) definiram que em vez de coletar amostras individuais, pontuais, fossem coletados grupos de amostras simples em cada ponto, que seriam homogêneas gerando uma amostra composta por local. Nesse caso, estariam sendo amostrados os indivíduos solo, definidos pelos autores como “a menor área (considerando definida profundidade) na qual se deve amostrar o solo para caracterizar a fertilidade efetivamente explorada por uma planta ou por um grupo de plantas (fertilidade local média), sendo suas dimensões laterais grandes o bastante para incluir variações representativas a curtas distâncias na composição do solo (meso e microvariações)”.

A amostragem do indivíduo solo, segundo Guarçoni et al. (2006), iria atenuar a ocorrência de padrões cíclicos e de “outliers”, melhorando a forma do semivariograma e aumentando o alcance da dependência espacial. Além disso, a confiabilidade dos mapas de fertilidade seria aumentada, por estar sendo considerada a fertilidade efetivamente explorada por uma planta ou por um grupo de plantas (fertilidade local média).

A definição de sistemas de amostragem não é, por sua vez, tão rígida quanto os princípios estatísticos que os determinam, especialmente quando os resultados analíticos são direcionados à produção agropecuária e não à pesquisa. Para Brus e Gruijter (1997), as estratégias de amostragem aleatória são válidas também para áreas com dependência espacial, uma vez que a independência entre pontos seria criada pelo desenho de amostragem, ou seja, a forma de amostragem criaria independência entre pontos amostrados por meio da aleatorização. Além disso, questões econômicas devem ser consideradas, e muitas vezes a determinação da fertilidade média é mais rentável do que a confecção de mapas de fertilidade, mesmo que algum viés esteja embutido

nas determinações (ANDERSON-COOK et al.; 1999). Nesse sentido, Guarçoni, Alvarez V. e Sobreira (2017) recomendam que, dentro de talhões homogêneos menores, sobretudo em regiões com relevo mais acidentado, sejam coletadas amostras simples de forma aleatória, para determinação da fertilidade média, enquanto em áreas maiores, compreendendo talhões homogêneos mais extensos ou mesmo diversos talhões, devem-se utilizar a geoestatística e os mapas de fertilidade, caso ocorra dependência espacial nos valores das características de interesse.

VOLUME X NÚMERO DE AMOSTRAS DE SOLO

O volume das amostras simples de solo apresenta elevada influência sobre a representatividade da amostra composta formada (GUARÇONI et al., 2007, GUARÇONI; SOUZA; PAYE, 2019). Para os autores, quando se aumenta o volume das amostras simples para uma mesma profundidade de amostragem, variações a curtas distâncias na superfície do solo são incorporadas, reduzindo a variabilidade (coeficiente de variação – CV) da característica avaliada. Dessa forma, quanto menor a variabilidade da característica, menor o número de amostras simples será necessário para que se forme uma amostra composta representativa e vice-versa, de acordo com a clássica forma proposta por Cline (1944): $n = (\alpha/2 \text{ CV}/f)^2$, em que “n” é o número de amostras a ser coletado para se formar uma amostra composta representativa; “ $\alpha/2$ ” é o valor tabelado da distribuição t de Student referente a 5 % de probabilidade e N-1 (sendo N o número de amostras utilizado na amostragem prévia); “CV” é o coeficiente de variação da característica de interesse, em %, e “f” é o desvio tolerado em torno da média, em %.

Utilizando dessa premissa, Guarçoni et al. (2007) determinaram modelos matemáticos que permitiram a definição do número de amostras simples de solo de acordo com a largura da fatia de solo a ser coletada ou com o diâmetro do trado a ser utilizado na coleta, visando formar amostras compostas representativas. Com os dados e as equações de Guarçoni et al. (2007), foram calculados os diâmetros de trado necessários

para se coletar definidos números de amostras simples, necessárias para se formar amostras compostas representativas, em duas situações de amostragem (Tabela 1).

Tabela 1. Diâmetros de trado a serem utilizados para a coleta de definido número de amostras simples de solo, visando formar amostras compostas representativas, em duas situações de amostragem

	Número de amostras simples					
	5	10	15	20	30	40
	Diâmetro do trado (cm)					
Implantação da lavoura	11,2	5,4	4,3	3,7	3,1	2,8
Lavouras implantadas	12,3	5,9	5,3	4,9	4,4	4,0

Fonte: Adaptado de Guarçoni et al. (2007).

Quando se realiza amostragem de solo em áreas com menor variabilidade de características químicas, como naquelas onde serão implantadas lavouras de interesse, pode-se utilizar trados com menores diâmetros para se coletar o número usual de amostras. Por outro lado, em lavouras já implantadas, especialmente perenes, o diâmetro do trado deve ser maior para que seja coletado o número usual de amostras (Tabela 1), devido à maior variabilidade nessa situação (Guarçoni et al., 2007).

LOCAL DE COLETA

Para determinação da fertilidade média, o local de coleta deve ser definido de forma completamente aleatória, em zigue-zague, mas com a preocupação de cobrir toda a área a ser amostrada (CANTARUTTI et al., 2007). Entretanto, locais que apresentam concentração de nutrientes, devido à aplicação de fertilizantes, devem ser considerados na hora da amostragem.

Alvarez V. e Guarçoni (2003) definiram, para o sistema plantio direto, a amostragem direcionada em relação aos sulcos de plantio da última cultura cultivada na área, onde está a maior concentração de nutrientes, da seguinte forma: 17 % das amostras simples coletadas no sulco de plantio, 33 % coleta-

das a 10 cm do sulco e 50 % coletadas no ponto médio entre sulcos. Para os autores, essa amostragem iria conferir maior representatividade à amostra composta formada, compatível à amostragem com pá de corte, frequentemente utilizada no sistema plantio direto. Essa mesma forma de amostragem foi testada por Oliveira et al. (2007), tendo sido comprovada sua eficácia em relação à amostragem completamente aleatória.

Para culturas perenes já implantadas, é recomendado que as amostras de solo sejam coletadas nos locais onde se realizou a última adubação, pois as concentrações de nutrientes contidos nesses locais apresentam maior correlação com a absorção e a produtividade desse tipo de cultura. Além disso, todo o processo de acidificação gerado pelas adubações nitrogenadas ocorre no local onde esta é realizada (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013), sendo essencial a avaliação da necessidade de corrigir a acidez do solo nesse ponto, e não na entrelinha, por exemplo.

CALAGEM E GESSAGEM

Solos intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes não permitem, em condições naturais, o bom desenvolvimento das plantas (RAIJ, 2011a). Nesse sentido, a acidez do subsolo gerada naturalmente pelo intemperismo é a principal causa da manutenção das raízes na camada superficial, impedindo o seu aprofundamento no perfil do solo, seja pelo efeito direto de íons H^+ , pela toxidez de elementos como Al^{3+} ou pela baixa concentração de Ca^{2+} em subsuperfície (GUARÇONI; PREZOTTI, 2009).

Para tornar esse tipo de solo produtivo, deve-se promover a melhoria de sua fertilidade ao longo do perfil. É necessário, portanto, recompôr minimamente o perfil do solo, proporcionando desenvolvimento radicular, sobretudo, em profundidade e mantendo os nutrientes em formas disponíveis, no sentido de reduzir as perdas e elevar o status nutricional das plantas cultivadas. A melhoria da qualidade do solo em subsuperfície é fundamental, tanto ao se

considerar critérios ambientais quanto econômicos, uma vez que inúmeros trabalhos reportam maior produtividade de diversos tipos de culturas quando há aprofundamento do sistema radicular ao longo do perfil, como consequência de maior absorção de água e nutrientes.

CORREÇÃO E CONDICIONAMENTO DO SOLO

O calcário (corretivo: $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) e o gesso (condicionador: CaSO_4), agindo conjuntamente, podem reduzir os efeitos da acidez e da baixa concentração de Ca^{2+} ao longo do perfil do solo. Entretanto, as camadas nas quais esses insumos produzem seus benefícios são distintas. O calcário é praticamente imóvel no solo, devido à rápida reação do ânion acompanhante carbonato, que neutraliza o H^+ covalentemente adsorvido aos sítios de ligação, liberando cargas negativas na superfície de troca, nas quais se ligam o Ca^{2+} e o Mg^{2+} , o que reduz o efeito do calcário ao longo do perfil (SORATTO; CRUSCIOL, 2008; RAIJ, 2011b). O gesso, por sua vez, apresenta elevada mobilidade, uma vez que o ânion acompanhante, nesse caso, o sulfato (SO_4^{2-}), não é um receptor de prótons e não neutraliza o H^+ covalentemente adsorvido. Assim, tanto o Ca^{2+} quanto o SO_4^{2-} são transportados em maiores quantidades para camadas mais profundas no solo (RAIJ, 2011b; RAMOS *et al.*, 2013).

Ao se aplicar o calcário e o gesso, ocorre correção da acidez do solo na camada superficial, promovida pelo calcário, e adequação do perfil do solo para desenvolvimento do sistema radicular em subsuperfície, ocasionada pelo gesso (PAULETTI *et al.*, 2014). Esses insumos proporcionam seguramente melhoria na fertilidade do solo, desde que aplicados de forma correta e na dose adequada.

A calagem, ou seja, a aplicação de calcário ao solo, pode diminuir a acidez, neutralizar elementos tóxicos em elevadas concentrações como Al^{3+} e Mn^{2+} , fornecer Ca e Mg, aumentar a saturação por bases (V) e a CTC efetiva do solo (CTCe), na camada superficial (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). Já a gessagem aumenta os teores de Ca^{2+} , de S e reduz a possível toxidez do

Al^{3+} nas camadas mais profundas, devido à formação de AlSO_4^+ , sem, contudo, aumentar o pH. Também não é capaz de aumentar a V e a CTCe no tempo, de forma consistente, pois não desloca efetivamente os íons H^+ ligados de forma covalente aos sítios de troca do solo (RAIJ, 2011b).

Todos esses efeitos são relevantes, mas, na calagem, os aumentos da V e da CTCe apresentam influência direta sobre a fertilidade do solo. Nesse sentido, Ronquim (2010) sugere classificação da fertilidade do solo baseada no valor de V. Para o autor, solos que apresentam $V \geq 50\%$ seriam considerados férteis e denominados como “eutróficos”. Já solos que apresentam $V < 50\%$ seriam pouco férteis e denominados como “distróficos”. Apesar dessa classificação não contemplar o conceito de solo fértil no sentido mais amplo do termo, pode ser considerada uma boa aproximação prática.

A CTC é a capacidade de troca catiônica do solo, ou seja, é a capacidade de reter cátions de forma eletrostática em sítios de ligação e trocá-los por cátions que estão na solução do solo, seguindo o princípio da preferencialidade de troca, bem definido na clássica série liotrópica: $\text{H}^+ \gg \text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$. A CTC do solo é dividida em dois tipos, de acordo com o pH no qual são determinadas. A CTC pH 7,0 (T) é a capacidade de troca de cátions do solo medida quando seu pH está em 7,0 ou próximo desse patamar, uma vez que o valor é subestimado quando se utiliza o método do acetato de amônio (BORTOLUZZI *et al.*, 2009) e quando se utiliza o método do acetato de cálcio (PREDEBON *et al.*, 2018).

A T é calculada fazendo-se a adição da soma de bases trocáveis do solo (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) com a acidez potencial do solo ($\text{H} + \text{Al}$). Em solos salinos, o Na^+ é também acrescentado à soma de bases, mas na maioria das vezes esta é calculada pelo somatório de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . A CTC pH 7,0 não é modificada pela calagem. Apenas o acréscimo de matéria orgânica ou outra fonte de cargas negativas ao solo pode aumentar a magnitude da CTC pH 7,0 (NOVAIS; MELLO, 2007).

A CTC efetiva (CTCe), que é diretamente afetada pela calagem, devido à predominância de cargas dependentes de pH em solos intemperizados (LEPSCH, 2010), é calculada pela adição da soma de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) com a acidez trocável (Al^{3+}), no pH “real” apresentado pelo solo. É na CTCe que os nutrientes catiônicos são retidos, uma vez que a CTC pH 7,0 apresenta um valor potencial e não real. A retenção de nutrientes catiônicos à CTC do solo, de forma eletrostática e por isso mesmo trocável com cátions que se encontrem em solução, reduz as perdas desses nutrientes por lixiviação ou mesmo por volatilização, como seria o caso do nitrogênio, segundo Gurgel et al. (2016), que tende a ser perdido para a atmosfera na forma de amônia. A CTC é essencial para a manutenção da fertilidade do solo e para sua sustentabilidade em relação ao tempo (NOVAIS; MELLO, 2007).

O calcário, por ser um corretivo, libera OH^- na solução do solo. Assim, os íons H^+ e Al^{3+} presentes nas superfícies de adsorção vão sendo neutralizados, permitindo que Ca^{2+} e Mg^{2+} , oriundos do calcário, ocupem seu lugar na CTCe. Nos solos agrícolas, o limite máximo de aumento da CTCe é o valor da CTC pH 7,0, pois, acima desse valor, o pH do solo tende a ser maior do que 7,0, o que, para Melo et al. (2011), reduz a disponibilidade de diversos nutrientes, especialmente de micronutrientes metálicos.

A saturação por bases (V), a seu turno, apresenta elevada correlação com o pH do solo, sendo essa característica relatada em diversos trabalhos, antigos (RAIJ; SACCHETTO; IGUE, 1968, RAIJ; CATARELLA; ZULLO, 1979; RAIJ et al., 1983) ou mais recentes (GUARÇONI, 2017; PREDEBON et al., 2018). Como o calcário fornece Ca e Mg e gera OH^- , que reduz a acidez e conseqüentemente eleva o pH ($\text{pH} = 1/\log[\text{H}^+]$), promove o aumento concomitante da V, da CTCe e do pH. Já o gesso é capaz apenas de aumentar, por algum tempo, a saturação de Ca na CTCe, pois, em elevada concentração, o Ca é capaz de deslocar inclusive o Al^{3+} da superfície de troca, mas não o H^+ .

NECESSIDADE DE CALAGEM

Para que os benefícios da aplicação de calcário sejam alcançados em sua plenitude, a necessidade de calagem (NC), que é na prática a quantidade de calcário (PRNT 100 %) a ser aplicada na superfície de um hectare (10.000 m^2) e incorporada até 0,20 m de profundidade no solo (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007), deve ser calculada de forma criteriosa.

Um dos métodos de cálculo da necessidade de calagem (NC) mais utilizados, sendo inclusive recomendado para o Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), é o da Saturação por Bases (SatB) (RAIJ et al., 1983), em que $\text{NC} = T (V_e - V_a)/100$, sendo NC a necessidade de calagem (t/ha); T a CTC pH 7,0 ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$); V_e a saturação por bases ideal para determinada cultura (%); e V_a a saturação por bases atual do solo (%), revelada na análise de solo. Esse método é baseado na relação existente entre a saturação por bases (V) e a acidez ativa do solo (pH), sendo representado pelo clássico modelo $\text{pH} = 4,50 + 0,025V$, apresentado por Raij, Catarella e Zullo (1979). Esse modelo foi extrapolado de diversas equações apresentadas por Raij, Sacchetto e Igue (1968), sendo, na verdade, uma “média” dessas equações. Portanto, não é adequado para todas as situações ou tipos de solo existentes, uma vez que a intensidade de correlação entre a V e a acidez ativa (pH) se modifica constantemente, como comprovam, entre outros, os trabalhos de Corrêa et al. (2007), Silva et al. (2007), Nicolodi, Anghinoni e Gianello (2008) e Guarçoni (2017).

Assim, pode-se inferir que, para uma mesma V_e (específica para cada cultura), valores de pH e teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} completamente diferentes serão alcançados de acordo com o tipo de solo trabalhado. Tal inferência já foi diversas vezes comprovada na prática por grande número de profissionais da área e agricultores.

Baseado nessa premissa, Guarçoni (2017) propôs que a V esperada (V_e) para determinada cultura seja variável de acordo com o tipo de solo, mais especificamente com o valor da CTC pH 7,0. Esse autor comparou 599 laudas de análises de solo e encontrou

padrões da relação entre V e pH variáveis de acordo com a CTC pH 7,0 do solo, sendo estimados modelos de correlação para três faixas de CTC pH 7,0 (T): T classificada como baixa ($TBa \leq 4,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), média ($4,30 < TM \leq 8,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e boa ($8,60 < TBo \leq 15,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), de acordo com Alvarez V. et al. (1999b). Definiu ainda, como adequado para cultivo, o pH do solo em torno de 6,0 e calculou o valor de Ve que deveria ser empregado em cada uma das faixas de CTC pH 7,0, para que esse pH fosse atingido (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de Saturação por Bases esperada (Ve) a serem utilizados no método de saturação por bases para cálculo da necessidade de calagem, visando atingir pH do solo em torno de 6,0, de acordo com a classe de CTC pH 7,0 do solo

Classe de T	Faixa ($\text{cmol}_c / \text{dm}^3$)	Ve (%)
Boa	$8,60 < TBo \leq 15,00$	60
Média	$4,30 < TM \leq 8,60$	70
Baixa	$TBa \leq 4,30$	80

Fonte: Adaptado de Guarçoni (2017).

Para valores de CTC pH 7,0 acima de $15 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$, como é o caso de solos com elevada concentração de turfa do Espírito Santo, o autor relata que o método da saturação por bases pode recomendar doses de calcário muito elevadas, devido à capacidade tampão desse tipo de solo, o que tenderia a causar rápida e excessiva oxidação do carbono, podendo gerar inclusive queimadas ocasionais. Nesse caso, é provável que o suprimento de Ca e Mg para as plantas seja o único critério a ser considerado, e não a efetiva correção da acidez. Para isso, pode-se lançar mão da segunda parte da fórmula de cálculo da necessidade de calagem utilizada em Minas Gerais, ou seja, o método da neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca e Mg (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999), sendo $\text{NC} = (Y \times \text{Al}^{3+}) + [X - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$, em que Y é um fator de correção baseado na capacidade tampão do solo e X é a necessidade da cultura em Ca+Mg. Esse método incorpora na mesma fórmula a neutralização da acidez trocável e o suprimento de Ca e Mg para as plantas e, exatamente por isso,

pode recomendar doses de calcário acima das adequadas, podendo causar supercalagem, como relatado por Guarçoni e Sobreira (2017). De qualquer modo, a segunda parte da fórmula $[X - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$ deve ser utilizada quando se visa apenas o suprimento de Ca e Mg.

No trabalho de Guarçoni (2017), por outro lado, ficou claro que mesmo utilizando valores de Ve mais elevados, o suprimento de Ca e Mg via calagem pode não ser suficiente para atingir a concentração adequada às culturas, caso o solo apresente CTC pH 7,0 muito baixa. Nesse caso, pode ser utilizado o algoritmo proposto por Guarçoni e Sobreira (2017), visando adequado suprimento de Ca e Mg para as plantas, via calagem. Devido à sua conformação, o algoritmo proposto pelos autores pode ser denominado como “Método da Saturação por Bases com garantia de suprimento de Ca e Mg”. Esse método pode ser utilizado realizando-se os quatro passos de cálculo apresentados abaixo (Adaptado de Guarçoni e Sobreira, 2017):

- 1) Calcular a NC pelo método da Saturação por Bases, utilizando os valores de Ve propostos por Guarçoni (2017). Será gerada a dose **D1** (t/ha).
- 2) Comparar a dose D1 com $[X - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$; se o valor de D1 for maior, aplicar D1 em t/ha, se for menor, aplicar $[X - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$ em t/ha, sendo esta caracterizada como dose **D2**.
- 3) Comparar o valor de D2 com H+Al (em $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$); se o valor de D2 for menor, aplicar D2, se for maior, aplicar o valor de H+Al em t/ha, sendo gerada a dose **D3**. (Nesse caso, ficará faltando parte da dose de calcário necessária para suprir Ca e Mg. Assim, sugere-se o parcelamento do calcário).
- 4) Parcelamento para aplicar, após três meses e localizadamente, o restante da dose definida em D2: (**D4** (t/ha) = D2 – D3).

Com o algoritmo sugerido por Guarçoni e Sobreira (2017), haveria garantia de suprimento de Ca e Mg para as plantas, com reduzida possibilidade de ocorrer supercalagem. Tendo sido calculada a necessidade de calagem que melhor se adequaria aos diversos tipos de solos e culturas, restaria definir a quantidade de calcário a ser aplicada e o tipo de calcário a ser utilizado.

Para calcular a quantidade de calcário a ser aplicada, pode-se utilizar a fórmula apresentada por Alvarez V. e Ribeiro (1999): $QC = NC \times (SC/100) \times (PF/20) \times (100/PRNT)$; em que:

QC = Quantidade de calcário a ser aplicada em um hectare (t/ha);

NC = Necessidade de calagem calculada previamente (t/ha);

SC = Superfície a ser coberta com o calcário (%);

PF = Profundidade efetiva de incorporação do calcário (cm; para aplicação em cobertura utilizar PF = 10 cm);

PRNT = Poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Se a aplicação for realizada em covas, deve-se corrigir a quantidade a ser aplicada para o volume efetivo da cova, utilizando a seguinte fórmula: $QCc = NC \times (Volc/2) \times (100/PRNT)$; em que:

QCc = Quantidade de calcário a ser aplicada na cova de plantio (g/cova);

NC = Necessidade de calagem calculada previamente (t/ha);

Volc = Volume da cova (dm³);

PRNT = Poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Se for em sulco, basta multiplicar QCc x 2,5, ficando o resultado em g/m.

Como os solos brasileiros apresentam geralmente baixos teores de magnésio, na maioria das vezes será necessária a aplicação de calcário dolomítico, uma vez que este contém, no mínimo, 12 % de MgO. A reatividade do calcário deve ser definida de acordo

com o ciclo da cultura. Se for uma cultura de ciclo curto, ou se a aplicação for realizada em covas ou sulcos, deve ser preferido um calcário de maior reatividade. Contudo, se for uma cultura perene, para aplicação a lanço, sem incorporação, recomenda-se a utilização de um calcário de menor reatividade que, por sua vez, irá apresentar maior efeito residual.

Com a quantidade e o tipo de calcário definidos, resta o cálculo da dose de gesso a ser aplicada, visando o melhor distribuição das raízes no perfil do solo.

GESSAGEM

A prescrição de gesso, a seu turno, deve ser realizada de acordo com os teores de Ca²⁺, de Al³⁺ ou com os valores de saturação por alumínio (m) presentes na camada de solo a ser condicionada. Certamente esses valores irão se modificar de acordo com o tipo de solo, a tolerância à toxidez de Al³⁺ e com a necessidade de Ca para o crescimento radicular da cultura de interesse. Devido a isso, as literaturas não são unânimes quanto a essas condições (Tabela 3).

Tabela 3. Condições de subsolo para as quais é recomendada a aplicação de gesso

Autores	Teor de Ca ²⁺ cmol _c /dm ³	Teor de Al ³⁺ cmol _c /dm ³	Valor de m %
Alvarez V. et al. (1999a)	≤ 0,4	> 0,5	> 30
Raij (2011b)	< 0,4	-	> 40
Sousa, Lobato e Rein (2005)	< 0,5	-	> 20
Conilon (Condição proposta)	≤ 0,5	≥ 0,4	> 25

Em relação à necessidade de Ca, as literaturas recomendam praticamente o mesmo limite mínimo. No caso do café conilon, devido à elevada necessidade de Ca (GUARÇONI, 2016), recomenda-se o limite mínimo de 0,5 cmol_c/dm³ de Ca, sendo este, portanto, o limite recomendado (Tabela 3). Para a saturação por alumínio (m), os valores estabelecidos são conflitantes entre as literaturas. Para o café conilon, que é menos tolerante à toxidez de Al³⁺ do que o café

arábica (GUARÇONI, 2016), recomenda-se um limite máximo de 0,4 cmol_c/dm³ de Al³⁺ e saturação por Al³⁺ de no máximo 25 % (Tabela 3).

Vale ressaltar que a decisão de se utilizar o gesso, ou não, deve ser tomada com base em apenas uma das características indicativas da necessidade de gessagem, não em seu conjunto. Se uma delas for satisfeita, recomenda-se a aplicação de gesso.

Existem diferentes métodos para recomendação da necessidade de gessagem (NG), ou seja, a dose de gesso a ser aplicada para fornecer Ca, S e reduzir a toxidez de Al³⁺ em camadas subsuperficiais do solo, sendo alguns deles apresentados na Tabela 4. Esses métodos de recomendação se baseiam no teor de argila do solo, na saturação de Ca²⁺ na CTCe do solo ou mesmo na necessidade de calagem (NC).

Tabela 4. Métodos de recomendação da necessidade de gessagem (NG)

Autores	Método	Aplicação
Alvarez V. et al. (1999a)	$NG = 0,034 - 0,02445 Arg^{0,5} + 0,0338886 Arg - 0,00176366Arg^{1,5}$	t/ha
Sousa, Miranda e Oliveira (2007) ^{1/}	$NG = f \times \text{Teor de Argila (\%)}$	t/ha
Prezotti et al. (2007) ^{2/}	$NG = 0,3 \times NC$	t/ha
Malavolta (2006)	$NG = [0,4 \times (CTCe - \text{teor de Ca}^{2+} \text{ cmol}_c/\text{dm}^3)] \times 2,5$	t/ha
Caires e Guimarães (2016)	$NG = [0,6 \times (CTCe - \text{teor de Ca}^{2+} \text{ em cmol}_c/\text{dm}^3)] \times 6,4$	t/ha
Método proposto	$NG = [0,6 \times (CTCe - \text{teor de Ca}^{2+} \text{ em cmol}_c/\text{dm}^3)] \times 2,5$	t/ha

^{1/} O fator f depende do tipo de cultura: 0,050 para cultura anual ou 0,075 para cultura perene; ^{2/} NC é a necessidade de calagem calculada com base na amostra de 20-40 cm de profundidade, não sendo efetivamente aplicada (serve apenas para calcular a NG).

Para ilustrar a magnitude de recomendação dos diferentes métodos, foram calculadas as necessidades de gessagem (NG) (Tabela 5) para o subsolo (20 a 40

cm) de uma área cultivada com café conilon, cujo resultado analítico se encontra na Tabela 6.

Tabela 5. Cálculo das necessidades de gessagem (NG) de acordo com diferentes métodos propostos

Autores	Método	Dose (t/ha)
Alvarez V. et al. (1999a)	$NG = 0,034 - 0,02445 Arg^{0,5} + 0,0338886 Arg - 0,00176366Arg^{1,5}$	1,2
Sousa, Miranda e Oliveira (2007) ^{1/}	$NG = f \times \text{Teor de Argila (\%)}$	5,2
Prezotti et al. (2007)	$NG = 0,3 \times QC$	0,6
Malavolta (2006)	$NG = [0,4 \times (CTCe - \text{teor de Ca}^{2+} \text{ cmol}_c/\text{dm}^3)] \times 2,5$	2,1
Caires e Guimarães (2016)	$NG = [0,6 \times (CTCe - \text{teor de Ca}^{2+} \text{ em cmol}_c/\text{dm}^3)] \times 6,4$	8,1
Método proposto	$NG = [0,6 \times (CTCe - \text{teor de Ca}^{2+} \text{ em cmol}_c/\text{dm}^3)] \times 2,5$	3,2

^{1/} f = 0,50 para cultura anual ou 0,75 para cultura perene (utilizou-se no cálculo 0,075).

Tabela 6. Amostra de subsolo (20 a 40 cm) de área cultivada com café conilon

pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTCe	T	m	Arg
H ₂ O	dag/kg	mg/dm ³				----- cmol _c /dm ³ -----				----- % -----	
4,5	1,0	4,0	37,0	0,5	0,4	1,6	4,0	2,6	5,0	62,0	69,0

Os valores calculados são muito discrepantes, partindo de 0,6 t/ha de gesso, ao se utilizar o método de Prezotti et al. (2007), até 8,1 t/ha de gesso, utilizando-se o método de Caires e Guimarães (2016) (Tabela 5). A proposta de Caires e Guimarães (2016) de aumentar até 60 % a saturação de Ca na CTCe pode ser definida como adequada, mas há a consideração dos autores de que seriam necessárias 6,4 toneladas de gesso para aumentar o teor de Ca^{2+} no subsolo (20 a 40 cm) em $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Esse valor é real, mas para solos onde está consolidado o sistema plantio direto. Para condições de cultivo convencional, a proposta de Malavolta (2006) de que seriam necessárias 2,5 toneladas de gesso para aumentar o teor de Ca^{2+} no subsolo (20 a 40 cm) em $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ parece mais plausível. A partir disso, foi proposto um método de cálculo da necessidade de gessagem no qual se pretende aumentar a saturação por Ca^{2+} na CTCe até 60 %, mas utilizando 2,5 toneladas de gesso para aumentar o teor de Ca^{2+} no subsolo (20 a 40 cm) em $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. O método proposto parece ser mais equilibrado e condizente com os solos do Espírito Santo e o manejo adotado no Estado, uma vez que recomenda doses intermediárias entre os extremos calculados (Tabela 5).

O gesso pode ser aplicado junto com o calcário, mas é preferível que seja após sua adição, visando aumentar previamente a CTCe do solo na camada superficial. Aplica-se a quantidade de calcário calculada para a camada de 0-20 cm e a quantidade de gesso calculada para a camada subsuperficial. O gesso pode ser aplicado em cobertura, sem necessidade de incorporação, pois é muito móvel no solo. Se não houver necessidade de calagem para a camada superficial, pode-se aplicar apenas o gesso, mas essa condição deve ser revista anualmente.

USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES (MANEJO 4C)

Futuros aumentos na produção de alimentos terão que ocorrer concomitantemente com a expansão limitada de terra, e isso só será realizado por meio da intensificação da produção agropecuária sustentável (FAO, 2011). Entende-se isso como o aumento da

produção total em uma mesma unidade de área ou, ainda, a manutenção da produção com uso racional de fertilizantes.

Aplicar a fonte certa, na dose certa, na época certa, e no lugar certo (Manejo 4C) é o fundamento para o uso eficiente dos fertilizantes, necessário para o manejo sustentável da nutrição das plantas e para o aumento da produtividade das culturas. O manejo correto dos fertilizantes tem como principal propósito adequar a oferta de nutrientes à necessidade das culturas e minimizar as perdas no campo.

Bruulsema et al. (2008) apresentam o quadro global que ilustra a prática dos 4Cs e como eles se integram aos outros fatores agrônômicos relacionados ao manejo da cultura, os quais, em conjunto, contribuem decisivamente para a sustentabilidade econômica, social e ambiental da atividade agrícola (Figura 1).



Figura 1. Diagrama geral para o manejo adequado de nutrientes.

Fonte: Adaptado de Bruulsema et al. (2008).

De forma geral, os princípios científicos universais relevantes para cada um dos 4Cs e as práticas associadas à sua aplicação estão listados a seguir (BRUULSEMA; FIXEN; SULEWSKI, 2012):

FONTE CERTA

A escolha da fonte fertilizante está conjugada com a necessidade da cultura e as propriedades e características do solo. Sempre atentar para as interações e o equilíbrio entre os nutrientes, de maneira a ter uma adubação equilibrada.

A seleção da fonte certa de fertilizante começa com a determinação de quais nutrientes são realmente necessários para cumprir as metas de produção. As fontes de fertilizantes podem ser de vários tipos: misturas (fertilizantes granulados ou mistura de grânulos), compostos fertilizantes, fertilizantes fluidos, suspensões de fertilizantes, materiais polímeros e formas orgânicas (compostos orgânicos e esterco). A utilização de fontes que apresentam liberação lenta ou controlada dos nutrientes pode garantir a manutenção de um sincronismo entre a liberação de nutrientes ao longo do tempo e as necessidades nutricionais da planta, favorecendo o crescimento e desenvolvimento, além de reduzir gastos com mão de obra e energia. Também é útil na redução das perdas de nutrientes por erosão e da contaminação dos recursos hídricos.

DOSE CERTA

O ajuste da quantidade de fertilizante a ser aplicada com a necessidade da cultura é o caminho para evitar a deficiência nutricional da planta, promovendo maior rendimento e qualidade das culturas.

Avaliar o teor de nutrientes disponíveis no solo é o primeiro passo para determinar a dose certa de fertilizante a ser aplicada. A dose certa está condicionada à fonte, à época e ao local de aplicação. A fonte de nutrientes precisa liberar a quantidade certa de formas disponíveis no momento certo e no lugar certo para atender às necessidades das plantas em crescimento.

Metas realistas de produção, análise de solo, ensaios com omissão de nutrientes, balanço de nutrientes, análise de tecidos, análise de plantas, aplicadores regulados de forma adequada, aplicação de fertilizantes em taxa variável, acompanhamento das áreas de produção, histórico da área e

planejamento do manejo de nutrientes ajudam a determinar a melhor dose de fertilizante a ser aplicada.

ÉPOCA CERTA

Disponibilizar os nutrientes para as culturas nos períodos de necessidade permite maior efetividade entre a disponibilidade e a demanda da cultura.

A dinâmica da absorção de nutrientes pela cultura varia de acordo com o nutriente e com as condições ambientais. Dessa forma, a taxa de absorção de nutrientes pelas plantas varia durante todo o período de crescimento. Aplicações programadas e orientadas pelas fases fenológicas das plantas podem ser benéficas à produtividade e/ou qualidade do produto, em alguns sistemas de produção e para alguns nutrientes, principalmente nitrogênio. Aplicações temporizadas, uso de fertilizantes de disponibilidade controlada e uso de inibidores da urease e da nitrificação são boas práticas de manejo de fertilizantes que ajudam a reduzir os impactos ambientais da perda de nutrientes do solo.

LOCAL CERTO

A aplicação dos nutrientes no local correto, onde as culturas podem absorvê-los, é decisiva na eficiência de uso do fertilizante.

Cultura, sistema de cultivo e propriedades e características do solo determinam o método mais adequado de aplicação, mas a incorporação do fertilizante normalmente é a melhor opção para manter os nutrientes no local e aumentar sua eficiência. Manejo conservacionista, curvas de nível, culturas de cobertura e manejo da irrigação são outras boas práticas que ajudarão a manter os nutrientes bem localizados e acessíveis às culturas em desenvolvimento.

TENDÊNCIAS GERAIS PARA AUMENTO DA EFICIÊNCIA NO USO DE NUTRIENTES

USO DE FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E USO DE INIBIDORES DA NITRIFICAÇÃO E DA UREASE

Esses insumos permitem melhor sincronia entre a disponibilização de nutrientes pelo fertilizante em relação à demanda pelas plantas durante seu crescimento. Os fertilizantes de liberação controlada apresentam um revestimento no grânulo que reduz a entrada de água e conseqüentemente a solubilização do fertilizante. Já os fertilizantes com inibidores apresentam em sua formulação componentes químicos que reduzem as reações no solo, diminuindo a hidrólise da ureia ou a passagem de amônio para nitrato no solo. Ambos os tipos de fertilizantes são mais utilizados para reduzir a perda de N do sistema, seja por volatilização ou por lixiviação.

FERTILIZANTES LÍQUIDOS

Esses fertilizantes são constituídos por soluções ou suspensões de nutrientes. Sua aplicação tende a ser vantajosa para fertilizantes que contêm nutrientes passíveis de volatilização (N) ou adsorção/precipitação (P e micronutrientes metálicos). Apesar de representarem um fator de economia em termos de mão de obra, a baixa concentração de nutrientes nesse tipo de fertilizante pode ser um impeditivo para sua utilização em mais larga escala, uma vez que podem ser antieconômicos.

FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS

São formados pela mistura de fertilizantes minerais e orgânicos, na qual se pretende aproveitar os efeitos benéficos de ambos, ou seja, a maior concentração de nutrientes do fertilizante mineral e a melhoria nas características físicas do solo e na atividade biológica promovida pelo fertilizante orgânico. Contudo, o efeito aditivo, e muitas vezes sinérgico, advindo dos fertilizantes organominerais, deve ser considerado a partir de minucioso acompanhamento econômico.

PLANTIO DIRETO E ROTAÇÃO/SUCESSÃO DE CULTURAS

O sucesso do sistema plantio direto está alicerçado na rotação de culturas, devido aos inúmeros benefícios que proporciona para a qualidade do solo e produtividade dos cultivos comerciais. O aumento da matéria orgânica e a melhoria da fertilidade do solo destacam-se como os principais componentes para a manutenção e a longevidade desse sistema de cultivo.

USO DE CULTIVARES MELHORADAS

A identificação de populações de plantas que apresentam capacidade de absorver e utilizar o nutriente de forma mais eficiente é extremamente importante, pois possibilita a redução dos custos de produção, a utilização de menor quantidade de nutrientes e a conservação do agroecossistema.

PRÁTICAS DE MANEJO PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA NO USO DE FERTILIZANTES

A adubação necessita satisfazer a exigência da planta para a geração de adequada produção, complementando a contribuição do solo. Para a sustentabilidade da fertilidade do solo, a adubação deve, pelo menos, compensar as quantidades de macro e micronutrientes exportadas com o produto colhido e mais aquelas irremediavelmente perdidas do solo (erosão, lixiviação e volatilização). No Quadro 1, são apresentadas diversas medidas destinadas a aumentar a eficiência de uso de alguns macronutrientes (MALAVOLTA, 1996).

Quadro 1. Práticas destinadas a aumentar a eficiência da adubação e evitar excessos antieconômicos e possível contaminação do ar, da água e do solo

Adubo	Medida	Efeito ou Consequência
NPK	(1) Análise de solo - superfície e subsuperfície	(1) Determina a dose adequada
	(2) Análise foliar	(2) Ajuste e acompanhamento do estado nutricional
	(3) Controle da erosão	(3) Evita perdas de solo e de nutrientes
	(4) Espécies e variedades eficientes e responsivas	(4) Absorção em baixas concentrações, resposta a doses, maior conversão do adubo em produto agrícola
N	(1) Calagem e gessagem	(1) Mais raízes, maior aproveitamento
	(2) Fracionamento, incluindo fertirrigação	(2) Menores perdas por lixiviação e volatilização, maior aproveitamento
	(3) Inibidores da urease e da nitrificação	(3) Diminuição de perdas por volatilização e lixiviação, maior aproveitamento
	(4) Produtos de liberação lenta	(4) Melhor aproveitamento
	(5) Adubação verde e ciclagem de resíduos	(5) Evita desperdício, economiza fertilizante mineral e melhora as propriedades físicas do solo
P	(1) Calagem	(1) Menor fixação de nutrientes, menores doses de fertilizante
	(2) Gessagem	(2) Raízes mais profundas, maior aproveitamento do fertilizante
	(3) Localização	(3) Maior contato com raízes e menor com sesquióxidos
	(4) Micorrizas	(4) Maior aproveitamento do fertilizante (maior superfície de contato)
K	(1) Calagem	(1) Mais sítios de troca em solos com carga dependente de pH, menor lixiviação
	(2) Gessagem	(2) Raízes mais profundas, maior aproveitamento do fertilizante
	(3) Localização	(3) Menor concentração salina
	(4) Fracionamento	(4) Plantio e coberturas

Fonte: Malavolta (1996).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O incremento ou, no mínimo, a manutenção da fertilidade dos solos é fundamental para a sustentabilidade da produção agropecuária, considerando os pilares econômico, ambiental e social. Importante destacar que as práticas a serem utilizadas para a garantia dessa sustentabilidade não são, em sua essência, inovadoras, mesmo que algumas novas descobertas tenham aumentado sua eficiência. O avanço é trabalhar as tecnologias disponíveis de forma integrada, alcançando resultado mais do que aditivo.

Amostragem e análise de solo, seja para determinação da fertilidade média, seja para a confecção de

mapas de fertilidade, sistemas de cultivo e manejo de solos mais conservacionistas, manejo minucioso da calagem, da gessagem e o uso eficiente de fertilizantes de qualquer natureza, são algumas das práticas que devem ser utilizadas para incrementar ou manter a fertilidade dos solos em níveis adequados à nutrição de plantas, visando produção compatível com a demanda crescente de alimentos pela população mundial.

Não nos parece indissociável a possibilidade de preservar adequadamente o ambiente e produzir quantidade suficiente de alimentos, de forma que a sociedade como um todo se beneficie, com lucro para quem produz e preço justo para quem consome. Para tanto, devemos pautar cada vez mais as nossas

ações em fatos científicos, tratando o folclore que tem envolvido a produção agropecuária sustentável como o que ele efetivamente é: “um conjunto de tradições e manifestações populares constituído por lendas e mitos”.

REFERÊNCIAS

- ACAR, M.; CELIK, I.; GÜNAL, H. Effects of long-term tillage systems on aggregate-associated organic carbon in the eastern Mediterranean region of Turkey. **Eurasian Journal Soil Science**, v. 7, n. 1, p. 51-58, 2018.
- ADIMASSU, Z.; ALEMU, G.; TAMENE, L. Effects of tillage and crop residue management on runoff, soil loss and crop yield in the Humid Highlands of Ethiopia. **Agricultural Systems**, v. 168, n. 1, p. 11-18, 2019.
- ALVAREZ V., V. H.; GUARÇONI, A. Variabilidade horizontal da fertilidade do solo de uma unidade de amostragem em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 297-310, 2003.
- ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A. C.; SOUZA, R. B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999a. cap. 10, p. 67-78.
- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. cap. 8, p. 43-60.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999b. cap. 5, p. 25-32.
- ANDERSON-COOK, C. M.; ALLEN, M. M.; NOBLE, R.; KHOSLA, E. R. Phosphorus and potassium fertilizer recommendation variability for two mid-Atlantic Coastal plain fields. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 1740-1747, 1999.
- ARMENGOT, L.; BERNER, A.; BLANCO-MORENO, J.; MÄDER, P.; SANS, F. X. Long-term feasibility of reduced tillage in organic farming. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 339-346, 2015.
- BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, v. 326, p. 164-200, 2018.
- BOGUNOVIC, I.; PEREIRA, P.; KISIC, I.; SAJKO, K.; SRAKA, M. Tillage management impacts on soil compaction, erosion and crop yield in Stagnosols (Croatia). **Catena**, v. 160, p. 376-384, 2018.
- BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; PETRY, C.; KAMINSKI, J. Contribuição de constituintes de solo à capacidade de troca de cátions obtida por diferentes métodos de extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 507-515, 2009.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil & Tillage Research**, v. 146, p. 118-124, 2015.
- BRUS, D. J.; GRUIJTER, J. J. Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil. **Geoderma**, v. 80, n. 2, p. 1-44, 1997.
- BRUULSEMA T.; WITT, C.; GARCIA, F.; LI, S.; RAO, T. N.; CHEN, F.; IVANOVA, S. A. Global framework for fertilizer BMPs. **Better Crops**, v. 92, n. 2, p. 13-15, 2008.
- BRUULSEMA, T. W.; FIXEN, P. E.; SULEWSKI, G. D. (Ed.). **4R Plant nutrition manual: a manual for improving the management of plant nutrition, metric version**. Norcross: International Plant Nutrition Institute, 2012.
- BURROUGH, P. A. Sampling designs for quantifying map unit composition. In: MUSBACH, M. J.; WILDING, L. P. (Ed.). **Spatial variabilities of soil and landforms**. Madison: SSSA, p. 89-126, 1991. Special Publication (No 28).
- CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M. **Recomendação de gesso para solos sob plantio direto da região sul do Brasil**. In: FERTBIO, 2016. Goiânia. 2016.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P.; ANDRADE, C. A. Manejo de nitrogênio e matéria orgânica em milho no sistema plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Milho: tecnologia & produção**. Piracicaba: ESALQ/USP/LVP, 2005. p. 59-82.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 13. p. 769-850.
- CHEN, H.; LI, X.; HU, F.; SHI, W. Soil nitrous oxide emissions following crop residue addition: a meta-analysis. **Global Change Biology**, v. 19, p. 2956-2964, 2013.
- CLINE, M. G. Principles of soil sampling. **Soil Science**, v. 58, p. 275-288, 1944.
- COLECCHIA, S. A.; RINALDI, M.; DE VITA, P. Effects of tillage systems in durum wheat under rainfed Mediterranean conditions. **Cereal Research Communications**, v. 43, p. 704-716, 2015.
- COOPER, J.; BARANSKI, M.; STEWART, G.; NOBEL-DE LANGE, M.; BÄRBERI, P.; FLIEßBACH, A.; PEIGNÉ, J.; BERNER, A.; BROCK, C.; CASAGRANDE, M.; et al. Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, p. 1-22, 2016.

- COPEC, K.; FILIPOVIC, D.; HUSNJAK, S.; KOVACEV, I.; KOSUTIC, S. Effects of tillage systems on soil water content and yield in maize and winter wheat production. **Plant, Soil and Environment**, v. 61, p. 213-219, 2015.
- CORRÊA, J. B.; REIS, T. H. P.; POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; CARVALHO, J. G. Índice de saturação por bases na nutrição e na produtividade de cafeeiros catuaí vermelho (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v. 2, n. 2, p. 159-167, 2007.
- CORTEZ, J. W.; ALVES, A. D.; MOURA, M. R. D.; OLSZEWSKI, N.; JESUS, H. Atributos físicos do argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1207-1216, 2011.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. **Sistemas de preparo do solo**: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 72 p.
- DELAUNE, P. B.; SIJ, J. W.; KRUTZ, L. J. Impact of soil aeration on runoff characteristics in dual-purpose no-till wheat systems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 68, p. 315-324, 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Trajetoária da agricultura brasileira**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- FAO. **Food and Agriculture Organization** of the United Nations. **Sustainable crop production intensification**. Rome, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/spi/scpi-home/framework/en/>>. Acesso em: 25 ago. 2012.
- FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L. de; PEREIRA, V. A.; GUARÇONI, R. C. Desempenho de máquinas e implementos para manejo de palhas e plantio direto na agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, p. 44-51, 2018.
- FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, M. C.; GUARÇONI, R. C. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.
- FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; Galvão, J. C. C.; Souza, M. C.; GUARÇONI, R. C. Atributos químicos do solo sobre diferentes plantas de cobertura no sistema plantio direto orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, p. 19-28, 2015.
- FAVARATO, L. F.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, J. L.; SOUZA, M. C.; GUARÇONI, R. C.; CUNHA, D. N. Population density and weed infestation in organic no-tillage corn cropping system under different soil covers. **Planta Daninha**, v. 32, p. 739-746, 2014.
- FENG, J.; LI, F.; ZHOU, X.; XU, C.; JI, L.; CHEN, Z.; FANG, F. Impact of agronomy practices on the effects of reduced tillage systems on CH₄ and N₂O emissions from agricultural fields: a global meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 13, n. 5, p. 1-17, 2018.
- FREITAS, L. de; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S. FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista UNIMAR Ciências**, v. 6, p. 8-25, 2017.
- GUARÇONI, A. **Reflexões sobre nutrição e adubação do cafeeiro**. Curitiba: Editora Prismas, 2016. 167 p.
- GUARÇONI, A. Saturação por bases para o cafeeiro baseada no pH do solo e no suprimento de Ca e Mg. **Coffee Science**, v. 12, n. 3, p. 327 - 336, 2017.
- GUARÇONI, A.; ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; CANTARUTTI, R. B.; LEITE, H. G.; FREIRE, F. M. Definição da dimensão do indivíduo solo e determinação do número de amostras simples necessário à sua representação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 943-954, 2006.
- GUARÇONI, A.; ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; CANTARUTTI, R. B.; LEITE, H. G.; FREIRE, F. M. Diâmetro de trado necessário à coleta de amostras num Cambissolo sob plantio direto ou sob plantio convencional antes ou depois da aração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 947-959, 2007.
- GUARÇONI, A.; ALVAREZ V., V. H.; SOBREIRA, F. M. Fundamentação teórica dos sistemas de amostragem de solo de acordo com a variabilidade de características químicas. **Terra Latinoamericana**, v. 35, n. 4, p. 343-352, 2017.
- GUARÇONI, A.; SOBREIRA, F. M. Classical Methods and Calculation Algorithms for Determining Lime Requirements. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online], v. 41, e0160069, 2017.
- GUARÇONI, A.; SOUZA, G. S.; PAYE, H. S. Representatividade da amostra de solo de acordo com o volume coletado em lavoura de café Arábica. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 3, p. 69-78, 2019.
- GUARÇONI, A.; PREZOTTI, L. C. Fertilização do café conilon. In: Zambolim, L. (Ed.). **Tecnologias para produção do café conilon**. Viçosa-MG: UFV, 2009. p. 249-293.
- GURGEL, G. C. S.; FERRARI, A.C.; FONTANA, A.; POLIDORO, J. C.; COELHO, L. A. M.; ZONTA, E. Volatilização de amônia proveniente de fertilizantes minerais mistos contendo ureia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1686-1694, 2016.
- HAGHIGHI, F.; GORJI, M.; SHORAFI, M. A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. **Land Degradation & Development**, v. 21, p. 496-502, 2010.
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, v. 82, p. 121-145, 2005.
- HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 145-154, 1999.
- HOFMEIJER, M. A. J.; KRAUSS, M.; BERNER, A.; PEIGNÉ, J.; MÄDER, P.; ARMENGOT, L. Effects of reduced tillage on weed pressure, nitrogen availability and winter wheat yields under organic management. **Agronomy**, v. 9, p. 1-12, 2019.

- HOLLAND, J. M. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 103, p. 1-25, 2004.
- JACOBS, A.; RAUBER, R.; LUDWIG, B. Impact of reduced tillage on carbon and nitrogen storage of two Haplic Luvisols after 40 years. **Soil and Tillage Research**, v. 102, p. 158-164, 2009.
- LAL, R.; REICOSKY, D. C.; HANSON, J. D. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. **Soil Tillage Research**, v. 93, p. 1-12, 2007.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBSC, 1991, 175 p.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.
- MALAVOLTA, E. Adubação e seu impacto ambiental. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MELO, L. C. A.; AVANZI, J. C.; CARVALHO, R.; SOUZA, F. S.; PEREIRA, J. L. A. R.; MENDES, A. D. R.; MACÊDO, G. B. Nutrição e produção de matéria seca de milho submetido à calagem e adubação sulfatada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 193-199, 2011.
- MEURER, K. H. E.; HADDAWAY, N. R.; BOLINDER, M. A.; KATTERER, T. Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil-A systematic review using an ESM approach. **Earth Science Review**, v. 177, p. 613-622, 2018.
- NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Relações entre os tipos e indicadores de acidez do solo em lavouras no sistema plantio direto na região do planalto do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1217-1226, 2008.
- NOCE, M. A.; SOUZA, I. F.; KARAM, D.; FRANÇA, A. C.; MACIEL, G. M. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 3, p. 265-278, 2008.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 9. p. 133-204.
- OLI VEIRA, F. H. T.; ARRUDA, J. A.; SILVA, I. F.; ALVES, J. C. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 973-983, 2007.
- PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014.
- PAULINO, P. S. **Atributos físicos como indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no estado de Santa Catarina**. 2013. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 911-920, 2008.
- PEDROTTI, A.; SILVA, T. O.; ARAÚJO, E. M.; ARAÚJO FILHO, R. N.; HOLANDA, F. S. R. Atributos químicos do solo modificados por diferentes sistemas de cultivo associados a culturas antecessoras ao cultivo do milho, nos Tabuleiros Costeiros. **Magistra**, Cruz das Almas - BA, v. 27, n.3/4, p. 292-305, 2015.
- PEIGNE, J.; BALL, B. C.; ROGER-ESTRADE, J.; DAVID, C. Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. **Soil Use and Management**, v. 23, p. 129-144, 2007.
- PERDOK, U. D.; KOUWENHOVEN, J. K. Soil-tool interactions and field performance of implements. **Soil and Tillage Research**, v. 30 p. 283-326, 1994.
- PITELLI, R.; DURIGAN, J. C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: ROSSELLO, R. D. (Ed.). **Siembra directa en el Cono Sur**. Montevideo: PROCISUR, 2001, p. 203-210.
- PREDEBON, R.; GATIBONI, L. C.; MUMBACH, G. L.; SCHMITT, D. E.; DALL'ORSOLETTA, D. J.; BRUNETTO, G. Accuracy of methods to estimate potential acidity and lime requirement in soils of west region of Santa Catarina. **Ciência Rural**, v. 48, n. 4, 2018.
- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória, ES: SEEA/Incapcer/Cedagro, 2007. 305 p.
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória-ES: Incaper, 2013. 104 p.
- PROSDOCIMI, M.; JORDÁN, A.; TAROLLI, P.; KEESSTRA, S.; NOVARA, A.; CERDÀ, A. The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards. **Science of the Total Environment**, v. 547, p. 323-330, 2016.
- RABEL, D. O.; MOTTA, A. C. V.; BARBOSA, J. Z.; MELO, V. F.; PRIOR, S. A. Depth distribution of exchangeable aluminum in acid soils: a study from subtropical Brazil. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 40, e39320, 2018.
- RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011a. 420 p.

RAIJ, B. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. **Informações Agronômicas**, n. 135, 2011b.

RAIJ, B. V.; SACCHETTO, T. D.; IGUE, T. Correlações entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. **Bragantia**, v. 27, n. 17, p. 193-200, 1968.
RAIJ, B.; CAMARGO, A. P.; CANTARELLA, H.; SILVA, N. M. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. **Bragantia**, v. 42, n. 1, p. 149-156, 1983.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; ZULLO, M. A. T. Método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 38, n. 7, p. 57-69, 1979.

RAMOS, B. Z.; TOLEDO, J. P. V. F.; LIMA, J. M.; SERAFIM, M. E.; BASTOS, A. R. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; COSCIONE, A. R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1018-1026, 2013.

RAMOS, M. R.; DEDECEK, R. A.; SILVA, T. R. da; FREIRE, T. M. Atributos físicos do solo no horizonte superficial em diferentes usos. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, 2017.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v. 102, n. 2, p. 242- 254, 2009.

RODRIGUES, M. S.; SOUZA, C. de; LIMA, D. D.; SILVA, S. D. P. da; ALVES, D. C.; MACHADO, N. S. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida Brasileira. **Ciencia del Suelo**, v. 34, n. 1, p. 139-144, 2016.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Cultivo mínimo**. AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_85_22122006154841.html>. Acesso em: 25 abr. 2019.

SANTOS, H. C.; OLIVEIRA, F. H. T.; ARRUDA, J. A.; LOPES, A. R. S.; SOUZA JÚNIOR, R. F.; FARIAS, D. R. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função da variabilidade de suas características químicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 849-854, 2009.

SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; STUCHI, E. S.; ANDRIOLI, I. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranjeira pêra em produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 606-612, dez. 2007.

SOANE, B. D.; BALL, B. C.; ARVIDSSON, J.; BASCH, G.; MORENO, F.; ROGER-ESTRADE, J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. **Soil & Tillage Research**, v. 118, p. 66-87, 2012.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. XXXII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, Farroupilha, RS. 2018. 205 p.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2005. 19 p. (Circular Técnica, 32).

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 5. p. 205-274.

TEBRÜGGE, F.; DÜRING, R. Reducing tillage intensity: a review of results from a long-term study in Germany. **Soil & Tillage Research**, v. 53, p. 15-28, 1999.

TIAN, S., T. NING, Y.; WANG, Z.; LIU, G.; LI, G.; LI, Z.; LAL, R. Crop yield and soil carbon responses to tillage method changes in North China. **Soil and Tillage Research**, v. 163, p. 207-213, 2016.

UPCHURCH, D. R.; EDMONDS, W. J. Statistical procedures for specific objectives. In: MUSBACH, M. J.; WILDING, L. P. (Ed.). **Spatial variabilities of soil and landforms**. Madison: SSSA, p. 49-71, 1991. Special Publication (Nº 28).

VAN DE PUTTE, A.; GOVERS, G.; DIELS, J.; GILLIJNS, K.; DEMUZERE, M. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. **European Journal of Agronomy**, v. 33, p. 231-241, 2010.

VITÓRIA, E. L. Da; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R. Produtividade de plantas forrageiras em função de manejos do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 955-962, 2014.

ZHANG, H. L.; BAI, X. L.; XUE, J. F.; CHEN, Z. D.; TANG, H. M.; CHEN, F. Emissions of CH₄ and N₂O under different tillage systems from double-cropped paddy fields in Southern China. **PLoS ONE**, v. 8, n. 6, p. 1-11, 2013.

Práticas alternativas na piscicultura para a agricultura familiar

Nágila Scarpi Nespoli¹; Ronald Assis Fonseca²; Erivelto Oliveira de Souza³; Layon Carvalho de Assis⁴; Tchesley Lyrio Queiroz⁵; Pedro Pierro Mendonça⁶

Resumo - Trata-se de uma revisão de literatura a respeito de alternativas que envolvem o cultivo de organismos aquáticos, com ênfase na produção de peixes, além da importância da agroecologia nesse contexto. O objetivo é apresentar algumas práticas que, manejadas de forma correta, podem contribuir para o desenvolvimento da atividade com menos impacto ao meio ambiente e gerar renda para famílias rurais, principalmente de pequena produção. São abordados conteúdos, tais como práticas que auxiliam na diminuição da poluição nos recursos hídricos, alimentos que podem ser substituídos parcialmente na dieta de peixes, qualidade da água e consórcio de espécies.

Palavras-chaves: Agricultura familiar. Cadeia produtiva. Ecodesenvolvimento. Piscicultura. Sustentabilidade.

Alternative practices in pisciculture for family farming

Abstract - This is a literature review about alternatives involving the cultivation of aquatic organisms, with emphasis on fish production, in addition to the importance of agroecology in this context. The objective is to present some practices that, properly managed, can contribute to the development of the activity with less impact on the environment and generate income for rural families, especially small producers. Contents such as practices that help to reduce pollution of water resources, foods that can be partially replaced in fish diet, water quality and species consortium are addressed.

Keywords: Family farming. Productive chain. Ecodevelopment. Pisciculture. Sustainability.

¹ Zootecnista, Mestranda em Agroecologia pelo Ifes, *Campus Alegre*

² Gestor Ambiental, M.Sc. Agroecologia pelo Ifes, *Campus Alegre*

³ Graduando em Engenharia de Aquicultura pelo Ifes, *Campus Alegre*

⁴ Graduando em Engenharia de Aquicultura pelo Ifes, *Campus Alegre*

⁵ Graduanda em Ciências Biológicas pelo Ifes, *Campus Alegre*

⁶ Zootecnista, D.Sc. Ciência Animal, Professor do Ifes, ppierrom@gmail.com

INTRODUÇÃO

A piscicultura é o setor agropecuário que, zootecnicamente, tem como objetivo o crescimento, produção, reprodução e alimentação racional de peixes, visando máxima produtividade, menor custo na produção e peixes de boa qualidade para servir como produto de compra e venda de pequenas famílias agricultoras (ARAÚJO, 2010). Tal atividade, quando gerenciada de forma incorreta, causa impactos negativos, como a introdução de espécies exóticas, gerando competição com espécies nativas (CASTELLANI; BARRELLA, 2006), geração de efluente líquido e resíduos sólidos oriundos das sobras de alimentos e medicamentos veterinários que poluem os recursos hídricos (MARQUES *et al.*, 2018), restos de escamas, vísceras, sangue e carcaça proveniente da retirada do filé de peixe, além do acúmulo do lodo no fundo dos viveiros.

Devido aos impactos gerados pela piscicultura, práticas inovadoras, como a aquaponia (CELESTRINO; VIEIRA, 2018), o uso de tecnologias, como “Sisteminha Embrapa” (GOMES *et al.*, 2018), o policultivo, biofertilizantes e composteiras surgiram como alternativas para uma atividade mais sustentável. Essas atividades atuam respectivamente na recirculação de água e aproveitamento do uso do efluente do tanque de peixes; produção diversificada de alimentos vegetais e animais; contribuem na diversidade de espécies, aumentando a opção de venda; e destinação correta dos resíduos da filetagem de peixe. Com isso, os impactos ambientais causados pela má gestão da atividade são minimizados, garantindo a qualidade ambiental, a soberania alimentar e melhoria na qualidade dos alimentos (SILVA *et al.*, 2018).

Mas antes de implantar qualquer tecnologia numa propriedade, é importante reconhecer os valores sociais, econômicos e ambientais, para que a aplicação prática atenda aos reais interesses da sustentabilidade (LIMA *et al.*, 2018) e da unidade produtiva. A sustentabilidade envolve a dinâmica do planeta Terra sobre seus organismos vivos para que eles consigam fortalecer-se e coevoluir ao mesmo tempo

que mantém conservada a ecologia do sistema (BOFF, 2017). Além disso, busca-se com a Agroecologia, oferecer à agricultura familiar novas maneiras de produzir com o mínimo impacto à natureza e ao ser humano e conseguir gerar renda a partir de ações não convencionais.

Assim, pesquisadores, extensionistas e a comunidade rural podem contribuir com a disseminação do conhecimento compartilhando o saber empírico e o científico, estimulando o desenvolvimento de uma aquicultura socialmente, economicamente e ambientalmente sustentável (CALBINO *et al.*, 2018). Por isso, com este trabalho, buscou-se levantar estudos sobre práticas alternativas na aquicultura que possam servir de modelo às pequenas e médias família produtoras de modo a incentivar o desenvolvimento da atividade com menos impacto.

AQUICULTURA E AGROECOLOGIA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

De acordo com Silva *et al.* (2018), a aquicultura é a atividade designada a cultivar organismos aquáticos, como peixes, crustáceos, moluscos, algas e plantas aquáticas. Tal prática envolve produção em água doce ou em água salgada sob condições controladas (SEBRAE, 2015).

Com o desenvolvimento e popularidade da aquicultura, houve a necessidade de tecnificar a produção para atender à crescente demanda populacional (BURSZTYN; ASSAD, 2000). Porém, a expansão da aquicultura, bem como de outras atividades agropecuárias, trouxe consequências negativas, como demanda de insumos externos à propriedade, assoreamento dos rios, eutrofização de ambientes lênticos, perda da biodiversidade devido ao monocultivo e marginalização da agricultura familiar (SIQUEIRA, 2018).

Nesse contexto, surge a necessidade de analisar os setores produtivos que controlam o sistema agroalimentar no mundo e adaptar novos conhecimentos - ou tornar acessíveis os que já existem - baseando-se nos princípios da agro-

ecologia (LIMA et al., 2018). A Agroecologia possui alguns conceitos e definições, mas, no geral, é considerada como ciência que propõe metodologias, conceitos e fundamentos que permitem estudar, pesquisar, desenhar e avaliar a natureza dos agroecossistemas de maneira a compreender seus efeitos sociais, culturais, ambientais e econômicos das produções agrícolas (ALTIERI, 2004). Essa ciência multidisciplinar segue os conceitos de agroecossistemas, métodos ecológicos de análise de sistemas, tecnologias suaves e fontes alternativas de energia (CAPORAL; COSTABEBER, 2004), tornando-se ferramenta indispensável para a agricultura familiar, pois essa ciência, segundo Toletto (2005), contribui nas tomadas de decisões da família agricultora mediante a realidade de seu espaço (solo, vegetação, relevo, condição social e econômica) de maneira a compreender a sua complexidade.

Dessa forma, seguir os princípios da agroecologia contribui para o redesenho do sistema produtivo, diminuindo os impactos negativos causados pela aquicultura convencional. Por isso, Valenti et al. (2011) concluem que, para ser reconhecida como atividade sustentável, a aquicultura deverá atender a questões sobre uso racional dos recursos naturais sem degradar o meio ambiente em que está enquadrada, gerar renda para a família e comunidade locais e estar socialmente comprometida com os ideais da agricultura familiar.

POLICULTIVO E CONSÓRCIO NA AQUICULTURA

Na agroecologia, a diversidade é um dos pontos mais importantes a serem trabalhados, pois garante uma interconexão entre todos os fatores envolvidos e, como sabemos, na natureza nada acontece de forma isolada (PRIMAVESI, 2008).

O policultivo é um sistema de produção aquícola que visa produzir no mesmo viveiro duas ou mais espécies compatíveis, com diferentes hábitos alimentares (NEW et al., 2010). Esse sistema tem como objetivo otimizar o aproveitamento do alimento existente no viveiro, sem aumentar a competição

entre os organismos produzidos (HENRY-SILVA et al., 2015). Diversas são as vantagens do policultivo, em especial para pequenos e médios produtores, ao proporcionar maior diversidade de produtos e, em produções com diferentes ciclos de cultivo, é possível realizar a despesca em diferentes períodos no ano (GERHARDINGER, 2010). O policultivo também reduz os impactos ambientais causados pela aquicultura, uma vez que algumas espécies se alimentam dos resíduos nitrogenados de outras, que posteriormente seriam convertidos em amônia tóxica (MARTÍNEZ-PORCHAS et al., 2010).

Apesar do policultivo receber pouca atenção dos pesquisadores (VALENTI, 2002) e pouco incentivo governamental (EHLERS, 2009), alguns trabalhos já evidenciam as vantagens de optar por esse sistema de produção.

Almeida et al. (2015) demonstraram que a conversão alimentar do curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) não era afetada mesmo quando eram criados em policultivo com o camarão-canela (*Macrobrachium acanthurus*) e concluíram que era possível a introdução do camarão-canela em baixas densidades, garantindo ao produtor um incremento na biomassa total produzida, sem afetar o desenvolvimento da espécie principal.

Outro policultivo viável técnica e economicamente é o de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) com camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*), uma vez que o camarão-da-amazônia cultivado no viveiro com a tilápia não alteram sua sobrevivência nem o seu ganho de biomassa (HENRY-SILVA et al., 2015).

O consórcio, associação do cultivo de espécies terrestres com o cultivo de organismos aquáticos, é mais um sistema integrado de produção que também pode ser usado para aumentar a sustentabilidade econômica do empreendimento (VALENTI, 2002). Um exemplo é a rizipiscicultura, na qual a presença do peixe, além de não afetar a cultura do arroz negativamente, traz como vantagem econômica e ambiental a redução de agrotóxicos para preparação do solo (MARCHEZAN et al., 2006).

Das produções de peixes e vegetais, a aquaponia vem ganhando espaço tanto na geração de renda como ferramenta para educação ambiental quanto em disciplinas como matemática, biologia, economia e engenharias por ser uma alternativa que, além de produzir alimento de qualidade e com menos impacto ambiental, contribui para a reeducação da sociedade de maneira sustentável (CARNEIRO et al., 2015). Essa técnica permite que os nutrientes gerados pela produção de peixes em cativeiro sejam utilizados pelas plantas no sistema hidropônico, tornando-o um sistema altamente equilibrado (HUNDLEY; NAVARRO, 2013), além da recirculação da água, que evita um consumo excessivo comparado a outros sistemas (ROS et al., 2018).

Crivelenti et al. (2009), em seu trabalho com criação de tilápia-do-nilo associada à produção de alface (*Lactuca sativa*), demonstraram a viabilidade e eficiência dessa associação no sistema aquapônico, sem a necessidade do uso de aditivos na água para o desenvolvimento da alface. Resultado similar foi averiguado por Hundley et al. (2013) no cultivo de manjerona (*Origanum majorana*) e manjeriço (*Origanum basilicum*) associado ao cultivo de tilápia-do-nilo em sistema de aquaponia.

ALIMENTAÇÃO ALTERNATIVA

A Lei nº 11.326/2006 define a agricultura familiar como aquela que exerce atividades rurais em um espaço de até quatro módulos fiscais, onde a mão de obra e a administração da atividade seja predominante da própria família e que a renda seja, com o mínimo de percentual, proveniente da atividade do próprio estabelecimento (MAPA, 2016). São produtores e produtoras rurais que produzem o essencial para a sua sobrevivência e geração de renda e, muitas das vezes, deparam-se com os altos preços dos insumos externos, problemas no escoamento da produção (falta de transporte, estradas em péssimas condições) e dificuldade no armazenamento dos produtos.

Para contornar esses desafios, principalmente ao tratar-se da dependência de insumos externos, a

agroecologia pode potencializar a sustentabilidade da agricultura familiar, priorizando o uso de insumos internos e, assim, diminuir os custos para os produtores. Como exemplo, o uso alternativo de alimentos para a atividade pesqueira traz grandes benefícios aos produtores diante das dificuldades encontradas (CANUTO et al., 1994). A vantagem de produção de ração com ingredientes locais pela agricultura familiar reflete na qualidade da água, na independência de insumos externos ao se dar preferência a restos de horta e esterco de animais para alimentar os peixes (CHEMANE, 2017). Contudo, é importante avaliar a viabilidade do uso de alimentos alternativos na nutrição de peixes, identificando o seu potencial nutricional, disponibilidade de minerais e digestibilidade (HISANO et al., 2008), afinal, Ribeiro et al. (2016) explicam que o sucesso da produção está relacionado à utilização de dietas com ingredientes de baixo custo e balanceados nutricionalmente para a espécie cultivada.

Os maiores entraves enfrentados pela produção de organismos aquáticos, principalmente os peixes, é o alto custo da ração devido à elevada composição de aminoácidos necessários para atender às atividades metabólicas dos peixes (TAKAHASHI, 2005; ABIMORAD; CASTELLANI, 2011; ANDRADE et al., 2015). Para isso, busca-se alternativas de alimentação que possam substituir total ou parcialmente a ração comercial, baratear o custo de produção e ao mesmo tempo atender às demandas nutricionais dos peixes (SANTOS et al., 2015). No Quadro 1, encontram-se algumas opções de alimentação alternativa para a piscicultura na agricultura de baixa a média produção.

Quadro 1. Opções para diversificar a nutrição de peixes em produção familiar

Alimento Alternativo	Benefícios	Espécies	Referências
Mandioca (<i>Manihot sculenta</i>)	Fonte energética (raiz) Fonte proteica (folhas novas)	Tilápia-do-nilo	Carvalho et al. (2012)
Capim-tifton ensilado	Proteína, extrato etéreo e fibras	Carpa-capim	Nascimento et al. (2018b)
Capim-teosinto	Fonte de fibra		Costa (2011)
Insetos	Fonte proteica Fonte de lipídios	Tilápia-do-nilo	Tubin (2017)
Goiaba	Fonte energética	Piava	Santos et al. (2009)
Alho e orégano (<i>in natura</i>)	Antimicrobiano; Auxilia no sistema imunológico	Juvenis de tilápia-do- nilo	Ribeiro et al. (2012)

Entre os alimentos que podem contribuir para a produção de peixe a baixo custo, Carvalho et al. (2012) apontam que a mandioca e seus subprodutos apresentam potencial na substituição parcial da ração convencional por ser rica em proteína (folhas) e carboidratos (raiz), além de ser um alimento barato e acessível. Por outro lado, Azevedo et al. (2016) trabalharam com inclusão de farelo da folha da mandioca para juvenis de tilápia-do-nilo. No entanto, os resultados apontaram para a inviabilidade dessa alternativa, a qual pode estar relacionada com a idade da planta e o estágio de desenvolvimento do peixe. Atento a isso, Cyrino et al. (2010) explicam que as rações ditas ambientalmente corretas, mas não necessariamente orgânicas, podem, por sua vez, conter elementos de pouca digestibilidade, e o emprego dessas rações pode gerar emissão de quantidades elevadas de material fecal e, assim, contaminar a água de tanques ou dos recursos hídricos.

Hisano et al. (2008) estudaram a composição nutricional da mandioca e explicam que os fatores antinutricionais variam conforme a quantidade e qualidade da mandioca fornecida, bem como o clima e a fertilidade do solo, os quais podem influenciar na composição nutricional desse alimento. Jesus et al. (2011) estudaram a inclusão do farelo da vagem da algaroba e da folha da mandioca em ração de juvenis de tilápia-do-nilo criados em água salobra

e concluíram que a adição de 20% dos farelos não comprometeu o desempenho zootécnico dos peixes nessa fase.

Outro exemplo de alimentação alternativa foi estudado por Vidotto-Magnoni e Carvalho (2009) ao capturarem exemplares de peixes em dois trechos do reservatório de Nova Avanhandava, em São Paulo. Observaram a diversidade de insetos terrestres e aquáticos no trato gastrointestinal dos peixes e o quanto esse aspecto foi essencial na biomassa desses animais em ambos os trechos.

O uso de insetos na alimentação de peixes também se torna alternativa interessante devido à quantidade de lipídeos e aminoácidos presentes nas fases larvais desses animais. Porém, há necessidade de mais estudos, visto que o tipo de inseto, a maneira como foi oferecido aos peixes, a espécie e a fase de vida dos peixes podem influenciar na aceitação e no seu desenvolvimento (TRAN et al., 2015). Freccia et al. (2016) trabalharam com farinha de insetos na dieta de alevinos de tilápia-do-nilo como fonte alternativa de proteína e concluíram que mesmo acrescentando níveis de farinha de insetos, não houve mortalidade nem interferiu no desempenho dos peixes. Porém, alertaram sobre a presença da quitina no exoesqueleto dos insetos, que pode prejudicar no ganho de peso e conversão alimentar. Costa (2019), no entanto, explica que cientistas ainda discutem sobre a ação da quitina,

a qual pode promover melhorias na imunidade e na saúde intestinal do peixe, além do aumento da resistência contra doenças. O mesmo autor ressalta que produzir insetos não precisa de altas tecnologias, permitindo que essa fonte de proteínas seja produzida em lugares cujos parâmetros sociais, naturais e econômicos sejam limitados.

Lazzari et al. (2018) utilizaram resíduos de frutas (goiaba, laranja, uva e figo) na dieta de juvenis de piaba e, conforme estudado, o uso alternativo de frutas não diferiu nos parâmetros de crescimento e composição corporal, mas ocasionou aumento de enzimas ligadas ao metabolismo de proteínas e lipídios, melhorando a eficiência alimentar dos peixes a longo prazo, sendo possível utilizar na dieta 7%, 10%, 8% e 9% de uva, figo, laranja e goiaba, respectivamente.

Existem outras possibilidades de produzir organismos aquáticos que não estejam vinculados com a forma convencional. Casaca e Jordani (2018) apresentaram um novo conceito para a aquicultura chamada “intensificação ecológica”, lançando o desafio de manter alta produtividade para atender a comunidade e respeitando o meio ambiente nos princípios da agroecologia. Os autores também

ressaltaram a importância de novos estudos para atender à construção de uma nova relação entre produtores, consumidores e o próprio produto.

MANEJO DOS RESÍDUOS DE PESCADO

Na agroecologia, o aporte de resíduos e a manutenção da matéria orgânica são princípios adotados na propriedade, evitando a destinação inadequada e diminuindo os custos com insumos externos. A reutilização dos resíduos torna-se uma alternativa mais sustentável para a aquicultura familiar que pode utilizar resíduos agrícolas para diversos fins, como cobertura de solo, adubação, alimentação e até mesmo beneficiamento para reuso ou reciclagem.

A aquicultura gera grandes quantidades de resíduos, sejam eles advindos de embalagens e restos de materiais, ou da própria geração oriunda da produção, como escamas, restos orgânicos, etc. A utilização desses resíduos pode gerar renda extra e diminuir custos com insumos externos. Atento a isso, no Quadro 2, encontram-se algumas opções para a destinação correta dos resíduos da piscicultura.

Quadro 2. Exemplos de destinação dos resíduos de pescado

Alternativas	Benefícios	Referências
Escamas de peixe para produção de artesanato	Geração de renda Diminuição da geração de resíduo Destinação final adequada para os resíduos gerados	Costa et al. (2016)
Composteira	Adubo orgânico Baixo custo	Sanes et al. (2015)
Biofertilizantes	Adubo orgânico	Sanes et al. (2013)
Farinha de pescado com farelo de milho	Fonte de elevada proteína bruta	Oliveira et al. (2014)

Estudos realizados por Stori et al. (2002) mostram que 35% do pescado é utilizado e que 65% do peso vivo é eliminado durante o processamento de evisceração e filetagem e, infelizmente, grande parte é descartada nos recursos hídricos, causando impacto ambiental.

Os resíduos lançados em corpos hídricos provocam aumento da concentração de fósforo e nitrogênio, permitindo proliferação de plantas aquáticas, consumindo grande quantidade de oxigênio dissolvido na água, prejudicando a sobrevivência de outros seres (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2008).

A compostagem está dentro dos inúmeros exemplos de reaproveitamento dos resíduos de pescados nas propriedades. Essa técnica consiste na decomposição da matéria orgânica por meio da ação de microrganismos presentes no ambiente (LOPES et al., 2017). O processo de compostagem é uma alternativa viável aos sistemas de produção orgânica em vista de suas características qualitativas nutricionais e biológicas (elevação dos teores de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, pH e saturação por bases), permitindo a obtenção do elevado grau de fertilidade dos solos no sistema orgânico (SANES et al., 2015).

Estudos realizados na Universidade Nilton Lins (UNL), avaliaram parâmetros físico-químicos do processo de compostagem de resíduos de peixes e concluíram que é uma alternativa viável para o aproveitamento dessa matéria orgânica (NASCIMENTO et al., 2018a).

Souza et al. (2017) formularam refeições à base de resíduos de peixes para alimentação humana, e tais refeições apresentaram altos valores biológicos e nutricionais, sendo excelentes fontes de cálcio, fósforo e ferro. Entre as refeições formuladas, a que teve como base a tilápia apresentou o maior teor de minerais.

Já em estudos feitos em aves, as farinhas de silagem de peixe têm composição físico-química que favorecem a utilização em dietas para frangos de corte, principalmente quando associadas a farelo de milho por apresentar maior eficiência no desempenho das aves (OLIVEIRA et al., 2014).

QUALIDADE DA ÁGUA

A manutenção da qualidade da água na aquicultura é um dos requisitos básicos para o sucesso da sustentabilidade no sistema produtivo. Essa qualidade pode ser influenciada por vários fatores como, por exemplo, a origem da fonte de abastecimento de água e o manejo alimentar (MERCANTE et al., 2012).

Condições inadequadas de qualidade da água resultam em prejuízo ao crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade dos peixes, comprometendo o sucesso dos sistemas de aquicultura (LEIRA et al., 2016).

A aquicultura pode, portanto, contribuir para a poluição e contaminação ambiental, pois tudo que entra nas unidades de cultivo (ração, fertilizantes, medicamentos, entre produtos químicos) retorna de alguma forma ao meio ambiente. A administração exacerbada e desordenada desses insumos pode causar uma má qualidade da água prejudicando não só a flora e a fauna aquática, como a população que vive do abastecimento desse recurso hídrico (TUNDISI, 2008).

O Quadro 3 apresenta alguns trabalhos encontrados na literatura que demonstram alternativas para melhoria na qualidade da água, utilizando organismos que possuem a capacidade de diminuição da carga orgânica no corpo hídrico ou viveiros.

Quadro 3. Alternativas para melhorar a qualidade da água nos corpos lênticos

Alternativas	Benefícios	Referências
Macrófitas aquáticas flutuantes	Redução da carga orgânica de fósforo e nitrogênio, diminuindo o risco de eutrofização	Henry-Silva e Camargo (2006)
Sistema composto por macrófitas aquáticas emersas no tratamento de efluentes de bagre-do-canal	Diminuição de N-amoniaco, de N-nitrito, do nitrogênio total, do fósforo total e dos sólidos em suspensão	Schwartz e Boyd (1995)
Organismos bentônicos bioindicadores	Diminuição de carga orgânica presente no lodo do fundo	Queiroz et al. (2000)
Uso de aguapé no cultivo de tambaqui	Remoção de fósforo da água	Silva et al. (2014)

A água possui características físicas, químicas e biológicas, as quais são de grande importância para a aquicultura, pois indicam os parâmetros ideais para a produção e para a qualidade do recurso. Os parâmetros físicos são divididos em temperatura, cor, turbidez e sólidos. Os parâmetros químicos são oxigênio dissolvido, pH, amônia e salinidade, e os parâmetros biológicos são coliformes e algas. Os peixes, por sua vez, influenciam na qualidade da água por meio de seus processos vitais, como eliminação de dejetos e respiração (FERREIRA et al., 2005).

Parâmetros como oxigênio dissolvido e temperatura, entre outros, estão diretamente relacionados com o desenvolvimento dos peixes (MALLASEN et al., 2008). Os fatores da qualidade da água interagem uns com os outros e com a flora e fauna presentes, influenciando as relações ecológicas existentes no ecossistema. Essa interação pode ser complexa, o que pode ser tóxico e causar mortalidades. Ros et al., (2018) demonstram que a importância de cada fator, o método de determinação e frequência do monitoramento dependem do tipo e da intensidade do sistema de produção usado.

Na agroecologia, a água também é fator limitante para qualquer tipo de produção, pois existe grande preocupação quanto à sua qualidade (PRIMAVESI, 2008). Para o abastecimento humano, existem parâmetros de qualidade que são analisados para adequação das diversas formas de uso e consumo (CONAMA, 2005).

Existem alternativas naturais e menos onerosas para o pequeno produtor garantir uma melhor qualidade da água para a sua produção e, conseqüentemente, devolvê-la de forma adequada ao corpo hídrico. Alguns trabalhos, como Henry-Silva e Camargo (2006), Schwartz e Boyd (1995), demonstraram a eficiência do uso de macrófitas para a redução da carga orgânica da água nos viveiros com redução dos teores de fósforo e nitrogênio.

A agroecologia apresenta diversas formas de conservação da água, e muitas delas podem ser utilizadas na aquicultura, principalmente para manter e melhorar a qualidade do recurso que é tão importante para o planeta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem práticas que contribuem para a minimização dos impactos gerados pelas atividades com organismos aquáticos. São fáceis de serem reproduzidas e, muitas vezes, de baixo custo, o que auxilia, como demonstrado pelas pesquisas apresentadas. São diversas as possibilidades para o pequeno aquicultor garantir renda e tornar-se independente do sistema convencional baseando-se na agroecologia e utilizando metodologias de produção que contribuem para o desenvolvimento sustentável da produção. Por isso, é importante que as relações entre o meio científico com o pequeno produtor sejam mais próximas no sentido de desenvolver pesquisas que atendam às reais demandas da família agricultora.

A percepção das vantagens de sistemas agroecológicos por parte da comunidade rural torna-se relevante quando beneficia não somente as demandas econômicas, mas também as interações sociais e ambientais entre as famílias agricultoras e entre a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; CASTELLANI, D. Qualidade da ração e manejo alimentar na sustentabilidade econômica e ambiental em empreendimentos aquícolas. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 1, 2011.
- ALMEIDA, E. O. de et al. Policultivo do curimatã pacu com o camarão canela. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**, v. 41, n. 2, p. 271-278, 2015.
- ALTIERI, M. Agroecologia: objetivos e conceitos. In: **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- ANDRADE, C. L. et al. Nutrição e alimentação de Tilápias do Nilo. **Nutri-Time Revista Eletrônica**, v. 12, n. 6, 2015. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/350_-4464-4469_-_NRE-12-6_nov-dez_2015.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- ARAÚJO, J. R. **Avaliação de alimentos alternativos regionais para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2010.

AZEVEDO, R. V. et al. Inclusão do farelo da folha da mandioca para juvenis de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 38, n. 3, p. 305-310, 2016.

BOFF, L. As origens do conceito de sustentabilidade. In: **Sustentabilidade: o que é e o que não é**. Petrópolis: Editora Vozes, 2017. Cap. 2.

BURSZTYN, M.; ASSAD, L. T. Aquicultura Sustentável. In: VALENTI, W. C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J. R. **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Brasília: CNPq, 2000. cap. 1, p. 33-72.

CALBINO, D. et al. Possíveis equívocos na condução da extensão rural na agroecologia: alguns apontamentos teóricos para a produção do saber. In: **Cadernos de Agroecologia - Anais do VI Congresso Latino-Americano de Agroecologia, X Congresso Brasileiro de Agroecologia e V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno**, v. 13, n. 1, 2018.

CANUTO, J. C. et al. Sentido da agricultura familiar para o futuro da agroecologia. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 5, n. 9, p. 57-63, 1994.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova Extensão Rural. In: **Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: [s.n.], 2004.

CARNEIRO, P. C. F. et al. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Documentos, 189).

CARVALHO, P. L. P. F. et al. Valor nutritivo da raiz e folhas da mandioca para a tilápia do nilo. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**, v. 38, n. 1, p. 61 – 69, 2012.

CASACA, J. M.; JORDANI, G. A. P. Aquicultura sustentável: intensificação ecológica e serviços ecossistêmicos, dois conceitos que valem a pena conhecer. **Revista Panorama da Aquicultura**. v. 28, n. 170, 2018.

CASTELLANI, D.; BARRELLA, W. Impactos da atividade de piscicultura na bacia do rio Ribeira de Iguape, SP-Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**, v. 32, n. 2, p. 161-171, 2006.

CELESTRINO, R. B.; VIEIRA, S. C. Sistema Aquapônico: uma forma de produção sustentável na Agricultura Familiar e em área periurbana. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**. v. 4, n. 1, 2018.

CHEMANE, A. **Segredos da Piscicultura de Ciclo Fechado**: integrando conhecimento local com sustentabilidade econômica e ambiental. Capitalização de Experiências: Lições para o desenvolvimento em Moçambique e no Brasil – v. 2, 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 18 de junho de 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

COSTA, D. V. da. Insetos como alimentação para a aquicultura: devaneio ou realidade. **Revista Panorama da Aquicultura**. v. 29, n. 171, 2019.

COSTA, M. L. et al. Enzimas digestivas de juvenis de carpa capim alimentados com forragem e ração. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 231, p. 563-570, 2011.

COSTA, W. M. et al. Aproveitamento de resíduos de pescado: o artesanato com escamas de peixe. **Revista Ciência em Extensão**, v. 12, n. 2, p. 8-17, 2016.

CRIVELANTI, L. Z. et al. Piscicultura superintensiva associada à hidroponia em sistema de recirculação de água. **Archives of Veterinary Science**, v. 14, n. 2, p. 109-116, 2009.

CYRINO, J. E. P. et al. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 68-87, 2010.

EHLERS, E. **O que é agricultura sustentável**. Taubaté: Hedra, 2009.

EMBRAPA. **Soluções tecnológicas**: sistema integrado de produção. 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/1251/sisteminha-emb-rapaufufapemig->>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FERREIRA, R. R. et al. Monitoramento de fitoplâncton e microcistina no reservatório da UHE Americana. **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 203-214, 2005.

FRECCIA, A. et al. Farinha de inseto em dietas de alevinos de tilápia. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 252, p. 541-547, 2016.

GERHARDINGER, R. C. **Policultivo de tilápias e robalos em pequenas unidades de produção aquícola de Santa Catarina**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2010.

GOMES, J. F. B. et al. O “Sisteminha Embrapa” e a rentabilidade, resiliência e sustentabilidade de agroecossistemas familiares: estudo de caso no território da cidadania dos coais, estado do Maranhão. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 405-425, 2018.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 21-28, 2006.

HENRY-SILVA, G. G. et al. Integrated multi-trophic culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Amazon river prawn (*Machrobrachium amazonicum*) in brackish water. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 265-273, 2015.

HISANO, H. et al. **Potencial da utilização da mandioca na alimentação de peixes**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. (Documentos, 94).

- HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 52-61, 2013.
- HUNDLEY, G. M. C. et al. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do nilo para o crescimento de manjerição (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 51-55, 2013.
- JESUS, L. S. F. et al. Farelos da vagem da algaroba e da folha da mandioca em rações para juvenis de tilápia do Nilo mantidos em água salobra. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 4, p. 1116-1125, 2011.
- LAZZARI, R. et al. Utilização de resíduos de frutas em dietas para piava. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 227-237, 2018.
- LEIRA, M. H. et al. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v. 11, p. 1-102, 2016.
- LIMA, J. S. G. et al. Sistemas aquícolas, segurança alimentar e a construção do conhecimento agroecológico. **Cadernos de Agroecologia** - Anais do VI Congresso Latino-americano de Agroecologia, X Congresso Brasileiro de Agroecologia e V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno, v. 13, n. 1, 2018.
- LOPES, I. G. et al. Compostagem orgânica: método eficiente para a gestão de resíduos de animais da aquicultura. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 14, p. 1-6, 2017.
- MALLASEN, M. et al. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, p. 47-51, 2008.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **O que é agricultura familiar**. Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo, 2016. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/o-que-%C3%A9-agricultura-familiar>>. Acesso em: 29 jul. 2019.
- MARCHEZAN, E. et al. Produção integrada de arroz irrigado e peixes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 411-417, 2006.
- MARTÍNEZ-PORCHAS, M. et al. Shrimp polyculture: a potentially profitable, sustainable, but uncommon aquacultural practice. **Reviews in Aquaculture**, v. 2, p. 73-85, 2010.
- MARQUES, E. A. T. et al. Desafio para a sustentabilidade da piscicultura na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Periódico Sustentare**, v. 2, n. 3, p. 14-29, 2018.
- MERCANTE, C. T. J. et al. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. **Títulos não-correntes**, v. 21, n. 2, 2012.
- NASCIMENTO, M. S. et al. Avaliação e caracterização do processo de compostagem de resíduos de peixes. **Pubvet**, v. 12, n. 11, p. 1-7, 2018a.
- NASCIMENTO, T. G. et al. Desempenho de juvenis de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentados com silagem de diferentes forrageiras tropicais. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 1, p. 112-118, 2018b.
- NEW, M. B. et al. **Freshwater prawns: biology and farming**. Chichester: Blackwell, 2010.
- OLIVEIRA, C. R. et al. Composição físico-química e valores energéticos de farinhas de silagem de peixe para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 3, p. 933-939, 2014.
- PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e manejo do solo. **Revista Agriculturas**, v. 5, n. 3, p. 7-10, 2008.
- QUEIROZ, J. F. et al. **Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da Bacia do Médio São Francisco**, Brasília –DF, nov. 2000. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado técnico, 6).
- RIBEIRO, F. M. et al. Alimentação e nutrição de Pirapitinga (*Piaractus brachyomums*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*): Revisão. **PUBVET**, v. 10, p. 873-945, 2016.
- RIBEIRO, P. A. P. et al. **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/EDITORA/20131002140549.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- ROS, C. R. R. et al. Consumo excessivo de água: aquaponia como método de sustentabilidade ambiental. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 6., SIMPÓSIO JURÍDICO, 8., 2018, Juína, MT. **Anais ... Juína, MT**, 2018.
- SANES F. S. M. et al. Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânicos. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1241-1252, 2015.
- SANES, F. S. M. et al. Fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânicos. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 28 de Junho a 02 de Agosto, 2013.
- SANTOS, E. L. et al. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com folha de mandioca desidratada na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 5, p. 1421-1428, 2015.
- SANTOS, E. L. et al. Digestibilidade aparente do farelo de coco e resíduo de goiaba pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 175-180, 2009.
- SCHWARTZ, M. E.; BOYD, C. E. Constructed wetlands for treatment of channel catfish pond effluents. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 57, n. 4, p. 255-266, 1995.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. et al. Water quality and zooplankton in tanks with larvae of *Brycon Orbignyanus* (Valenciennes, 1949). **Brazilian Journal Biology**, v. 68, n. 1, p. 77-86, 2008.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Aquicultura no Brasil: Série estudos mercadológicos**. Brasília/Distrito Federal, 2015.

- SILVA, A. D. R. et al. Eficiência do aguapé sobre variáveis limnológicas em canais de abastecimento utilizados no cultivo de tambaqui. **Acta Amazônica**, v. 44, n. 2, p. 255-262, 2014.
- SILVA, J. S. et al. Análise econômico-financeira da construção de tanques circulares para a aquicultura. ISSN: 2357-8068. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 6, n. 1, p. 50-60, 2018.
- SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: a nova fronteira para a produção de alimentos de forma sustentável. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 49, p. 119-170, 2018.
- SOUZA, M. L. R. et al. Formulation of fish waste meal for human nutrition. **Acta Scientiarum Technology**, v. 39, n. 5, p. 525-531, 2017.
- STORI, F. T. et al. **Proposta de aproveitamento dos resíduos das indústrias de beneficiamento de pescado de Santa Catarina com base num sistema gerencial de bolsa de resíduos**. In: Instituto Ethos, Peirópolis: Editora Fundação Peirópolis, p. 373-406, 2002.
- TAKAHASHI, N. S. **Nutrição de peixes**, 2005.
Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/nutricao_peixes.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.
- TOLETO, V. M. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. **Journal Leisa, Revista de Agroecología**, 2005.
- TRAN, G. et al. Insects in fish diets. **Animal frontiers**, v. 5, n. 2, p. 37-44, 2015.
- TUBIN, J. S. B. **Farinha de insetos na alimentação de tilápias em sistemas bioflocos e recirculação de água**. 2017. 96 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, 2017.
- TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.
- VALENTI, W. C. Aquicultura sustentável. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12., 2002, Vila Real, Portugal. **Anais ... Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos**, 2001, p. 111-118.
- VALENTI, W. C. et al. Measuring aquaculture sustainability. **World aquaculture**, v. 42, n. 3, p. 26, 2011.
- VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; CARVALHO, E. D. Aquatic insects as the main food resource of fish the community in a Neotropical reservoir. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 4, p. 701-708, 2009.

Casos de sucesso na implantação de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em propriedades leiteiras de base familiar em áreas montanhosas

Marcelo Dias Müller¹; Carlos Eugênio Martins²; Leonardo Henrique Ferreira Calsavara³; Wadson Sebastião Duarte da Rocha⁴; Alexandre Magno Brighenti dos Santos⁵; Fausto de Souza Sobrinho⁶

Resumo - O objetivo deste trabalho é apresentar casos de sucesso na implantação, condução e adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em propriedades leiteiras de base familiar em áreas montanhosas da região da Zona da Mata Mineira. O trabalho teve início em 2005 e foi desenvolvido em parceria com a Emater-MG. O processo de implantação do sistema de ILPF em cada propriedade foi iniciado com um diagnóstico e uma oficina com cada produtor em seguida, para a definição e desenho da estratégia de ocupação das áreas produtivas da propriedade. Após a implantação, foi feito um monitoramento com coleta e processamento de dados técnicos (produtividade, desempenho, etc.), bem como o levantamento de coeficientes técnicos para análise econômica. Após 12 anos de condução do trabalho, os resultados mostram que a estratégia de implantação de sistemas de ILPF nessas áreas segue padrões bastante distintos de propriedade para propriedade, de forma que o sistema deve ser desenhado para cada situação específica e irá ser determinado conforme as necessidades e perfil da propriedade.

Palavras-chaves: Sistemas integrados. Diagnóstico e desenho. Produção sustentável.

Successful cases in the implementation of the Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF) Systems in family-base dairy properties in mountainous areas

Abstract - The objective of this work is to present successful cases of crop-livestock-forestry systems adoption in family-based dairy farms in mountainous areas of Zona da Mata Mineira. The work began in 2005 and developed in partnership with Emater-MG. The process of implementation of the ICLF system in each property started with a diagnosis and a workshop with each producer later on to define and design the strategy involving the occupation of productive areas of the property. After the implementation, a monitoring was performed with the collection and processing of technical data (productivity, performance, etc.), as well as the collection of technical coefficients for economic analysis. After 12 years conducting the work, the results show that the implementation strategy of ILPF systems in these areas follows quite different patterns that vary from property to property, so that the system must be designed for each specific situation and will be determined according to the needs and profile of the farm.

Keywords: Integrated systems. Diagnosis and design. Sustainability.

¹ Engenheiro Florestal, D.Sc. Ciências Florestais, Pesquisador da Embrapa Gado de Leite, marcelo.muller@embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Gado de Leite

³ Administrador, M.S. Bioengenharia, Extensionista da Emater/MG

⁴ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Manejo e Conservação de Solo/Água, Pesquisador da Embrapa Gado de Leite

⁵ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Produção Vegetal-Plantas Daninhas, Pesquisador da Embrapa Gado de Leite

⁶ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador da Embrapa Gado de Leite

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar no Brasil constitui um setor de relevante importância social e econômica para o país, na medida em que representa uma parcela significativa da produção agrícola nacional com a produção de 60% dos alimentos consumidos pelos brasileiros, além de empregar 74,4% da mão de obra envolvida na atividade rural. Representa ainda 56,4% do Valor Bruto da Produção (VBP) agropecuária brasileira, ocupando apenas 24,3% da área cultivada apesar de contemplar 84,4% dos estabelecimentos rurais do Brasil. Na atividade leiteira, a agricultura familiar é responsável por 58% da produção nacional, em média (KRUG, 2013). Apesar disso, é um setor que apresenta uma série de fragilidades, com um grande contingente de pessoas vivendo em condições sociais e de produção extremamente heterogêneas do ponto de vista econômico, cultural e social.

Por outro lado, a preocupação com os impactos ambientais negativos decorrentes de atividades agropecuárias e florestais tem ocupado lugar cada vez maior na agenda de cientistas, técnicos, gestores públicos e da sociedade em geral. No caso de áreas montanhosas características da Região Sudeste do Brasil, a situação é ainda mais preocupante em função da maior susceptibilidade a perdas de solo e água. O uso de práticas agrícolas inadequadas é apontado como uma das principais causas da degradação das áreas cultivadas (SOUZA et al., 2012). Além disso, existe uma tendência mundial de crescente demanda por alimentos, fibras, madeira e biocombustíveis, o que aponta para a necessidade de expansão da fronteira agrícola, pressionando a incorporação de áreas de preservação ao processo produtivo, cujo objetivo é a manutenção ou o aumento da produção de alimentos no país.

Nesse sentido, os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ganham destaque como uma alternativa de produção sustentável para a agricultura familiar em áreas montanhosas (YOUNG, 1997), tais como as da Zona da Mata Mineira e Campo das Vertentes, na medida em que proporcionam a otimização do uso do solo com ganhos ambientais,

aumento da produtividade e da renda no meio rural. Essas duas regiões são importantes bacias leiteiras que correspondem a 15% da produção estadual, onde predomina a produção em base familiar em pequenas propriedades.

Com base nesse conhecimento, o governo brasileiro lançou, em 2009, o Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono), visando o cumprimento de compromisso voluntário para redução de emissões de carbono, assumido na 15ª Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 15) ocorrida em Copenhague. Esse programa estabelece as regras para o financiamento de projetos de recuperação de áreas degradadas, plantio direto, fixação biológica de nitrogênio e integração lavoura-pecuária-floresta.

A estratégia de produção ILPF preconiza a combinação da utilização de espécies florestais, agrícolas e/ou criação de animais, numa mesma área, de maneira simultânea e/ou escalonada no tempo (ICRAF, 1983; NAIR, 1993; KLUTHCOUSKI et al., 2000). Diversos autores destacam que esses sistemas representam uma alternativa de uso sustentável do solo, na medida em que proporcionam: 1) proteção do solo contra a erosão, conservação da água, manutenção do ciclo hidrológico e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (XAVIER et al., 2002; NEVES et al., 2009); 2) aumentos do valor nutricional da forragem (CASTRO et al., 1999; PACIULLO et al., 2007) e do conforto térmico animal (PAES LEME, et al., 2005); 3) melhorias no desempenho de bovinos criados a pasto (PACIULLO et al., 2011); e 4) benefícios socioeconômicos, tais como diversificação da produção e da renda (MÜLLER et al., 2011), redução do risco da atividade e da sazonalidade da demanda por mão de obra no campo, o que torna a atividade pecuária regional mais sustentável e rentável.

A depender da aptidão agrícola e dos objetivos da propriedade, as combinações de integração de componentes podem assumir quatro configurações básicas, quais sejam: 1) a integração lavoura-pecuária (ou sistemas agropastoris), em que não há a presença do componente arbóreo e são combinados cultivos agrícolas e pastagens; 2) integração lavoura-floresta

(ou sistemas agroflorestais), em que são combinadas culturas agrícolas e florestais; 3) integração pecuária-floresta (ou sistemas silvipastoris), em que são combinadas a produção animal de carne, leite, lã) com a silvicultura e; 4) integração lavoura-pecuária-floresta (ou sistemas agrossilvipastoris), em que são combinadas a produção agrícola, animal e florestal.

Daí se depreende que a tecnologia envolve um conjunto de práticas e técnicas pertinentes a diferentes atividades. Cada um desses quatro segmentos possui suas peculiaridades em termos de requerimento de práticas agrícolas, equipamentos e insumos. Isso evidencia que a tecnologia é complexa e mais intensiva em conhecimento do que a agricultura tradicional (ALTIERI; NICHOLS, 2008) e, portanto, necessita de um planejamento mais criterioso. Mais do que isso, requer insumos, equipamentos, conhecimentos e disponibilidade para lidar simultaneamente com três grupos de explorações agropecuárias dentro da propriedade. O que se requer do produtor rural que trabalha com a ILPF é, em resumo, um estoque material e de experiência profissional e cultural para trabalhar com esse conjunto de informações combinadas.

Por isso, a escolha do modelo de produção está diretamente relacionada aos objetivos e ao perfil do produtor. Destacam-se, ainda, a importância do conhecimento técnico; a capacidade de gestão; a aptidão do relevo, a fertilidade natural dos solos, que são fatores limitantes para a implantação, por exemplo, de lavouras. Salienta-se também o clima, o mercado, a logística e a mão de obra. Portanto, antes de iniciar qualquer investimento, é essencial que se realize um diagnóstico a fim de se conhecer o ambiente interno e externo no qual a propriedade rural está inserida. Assim, é possível, de forma antecipada, identificar as oportunidades e ameaças, forças e fraquezas do empreendimento, aumentando as chances de sucesso do investimento.

Para atender a uma demanda de governo no sentido de subsidiar o Programa ABC, a Embrapa empreendeu, desde 2008, um projeto de transferência de tecnologia em sistemas de ILPF, no qual foram

implantadas e mantidas 192 unidades de referência tecnológica em ILPF em todo o país (HOTT *et al.*, 2010). A implantação dessas unidades se deu em parceria com a assistência técnica rural de cada estado, tendo como princípio o diagnóstico participativo. Entretanto, as informações técnicas que nortearam a sua implantação foram aquelas existentes à época.

É importante ressaltar que se trata de um sistema em que existem interações dinâmicas e que se alteram com o tempo, principalmente em áreas onde há o componente arbóreo, tendo em vista o seu crescimento contínuo em altura, projeção de copa e índice de área foliar, modificando a distribuição dos recursos ao longo do tempo. Dessa forma, a produtividade do sistema será modificada continuamente (JOSE; GILLESPIE; PALLARDY, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2007a, 2007b; KRUSCHEWSKY *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2009), o que pressupõe a necessidade de um manejo diferenciado, levando em consideração a produção global do sistema.

Assim, considerando-se que, além dos aspectos técnicos, o perfil do produtor, o seu envolvimento e a sua gestão são fatores fundamentais ao sucesso do sistema, justifica-se a realização de um trabalho que contemple todas essas esferas. A mudança de perspectiva no desenvolvimento de tecnologias com base em metodologias participativas inclui os atores e os conhecimentos locais nos processos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), favorecendo a produção de resultados adaptados às condições ecológicas e sociais prevalentes em cada agroecossistema e permitindo, ao mesmo tempo, a apropriação das tecnologias geradas pelos agricultores. Por outro lado, envolvendo igualmente os cientistas e os extensionistas, aproveita todos os conhecimentos científicos acumulados ao longo dos anos e promove a ampliação da base de conhecimento acadêmico, por depender de uma abordagem interdisciplinar, além de garantir o rigor científico nos desenhos e na análise dos projetos (DAL SOGLIO *et al.*, 2010).

O objetivo deste trabalho é apresentar casos de sucesso na implantação e condução de sistemas de

integração lavoura-pecuária-floresta em propriedades leiteiras de base familiar em áreas montanhosas das regiões da Zona da Mata e Campo das Vertentes de Minas Gerais.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade leiteira de base familiar localizada no Município de Mar de Espanha, na Zona da Mata Mineira (Sítio do Valão) no Estado de Minas Gerais.

A metodologia adotada para a implantação das Unidades de Referência Tecnológica em ILPF foi baseada nos trabalhos desenvolvidos por Dereti et al. (2009) e Balbino et al. (2011).

Assim, o primeiro passo foi o envolvimento da Emater-MG no processo, dada a sua atuação e capilaridade na comunidade de produtores rurais mineira. Inicialmente, a sua função foi a de identificar empreendedores rurais com perfil receptivo e inovador para a adoção da tecnologia. Selecionados os empreendedores e as respectivas propriedades, foi iniciado um processo de nivelamento da informação a respeito da tecnologia, com a realização de oficinas para intercâmbio de informações entre técnicos da Emater-MG, Embrapa e os empreendedores. Feito o nivelamento sobre a tecnologia, seguiu-se o diagnóstico participativo das propriedades, no qual foram levantados dados referentes às condições biofísicas e socioeconômicas, bem como sobre os sistemas de produção e infraestrutura. Esses dados foram analisados em conjunto com o técnico da assistência rural e empreendedores e então foram definidos os objetivos dos sistemas a serem implantados, bem como os arranjos a serem estabelecidos em cada gleba das propriedades e o cronograma anual de implantação.

Após essa fase inicial, todo o processo de implantação e condução da tecnologia foi acompanhado pelo técnico da assistência rural e pelos pesquisadores em conjunto com os empreendedores rurais, em constante nivelamento e levantamento de gargalos e oportunidades enfrentados. Todos esses dados foram anotados e analisados em conjunto, subsidiando tomadas de decisão futuras.

Durante a condução dos trabalhos, foram realizados eventos de transferência de tecnologia, notadamente dias de campo sobre as diversas fases, desde a implantação e manejo dos sistemas. Esses eventos tiveram como objetivo a disseminação da tecnologia nas regiões. Entretanto, essas atividades também proporcionaram momentos de discussão entre os empreendedores rurais, o que trouxe um maior enriquecimento de informações e experiências, que foram incorporadas no conhecimento gerado.

RESULTADOS

O Sítio do Valão é uma propriedade com aproximadamente 130 ha, localizada no Município de Mar de Espanha (MG), Zona da Mata Mineira, com relevo montanhoso, típico da Região Sudeste de Minas Gerais. A propriedade se destaca como pioneira na adoção do sistema de plantio direto na região, iniciado no ano de 2000. A base da exploração sempre foi a pecuária de leite. As áreas de baixadas e aquelas com declividade favorável à mecanização são utilizadas para a produção de forragem e grãos. O sistema tradicional é o plantio do milho, para silagem, na safra e do feijão na safrinha, em sequência. Também, em algumas situações é adotado o plantio do milho ou sorgo para silagem, na safra e safrinha, objetivando a produção em quantidade e qualidade para a alimentação do rebanho.

Após análise da propriedade e discussão com os proprietários, foram definidas as formas de atuação, de modo a se alterar o mínimo possível o manejo utilizado. Definidos os modelos de sistemas a serem utilizados, a propriedade foi dividida em glebas e, a cada ano, uma das glebas foi alvo da implantação do sistema (Figura 1). Como se trata de uma região montanhosa, a princípio, as áreas menos acidentadas e de baixada foram aproveitadas com o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP). Nas áreas com relevo um pouco mais acidentado, foi sugerido o sistema com a implantação de árvores (sistema silvipastoril – SSP).

O objetivo inicial dos sistemas ILP implantados em baixadas foi o de recuperação de áreas de lavouras

degradadas, possibilitando ainda a disponibilização de pasto na época seca e de palhada para o plantio da safra seguinte. Nas áreas de encosta, o objetivo principal foi a proteção do solo, por meio da cobertura

do vegetal de pastagem e das árvores. Além disso, também se objetivou a produção florestal para atendimento a necessidades da propriedade e conforto animal.

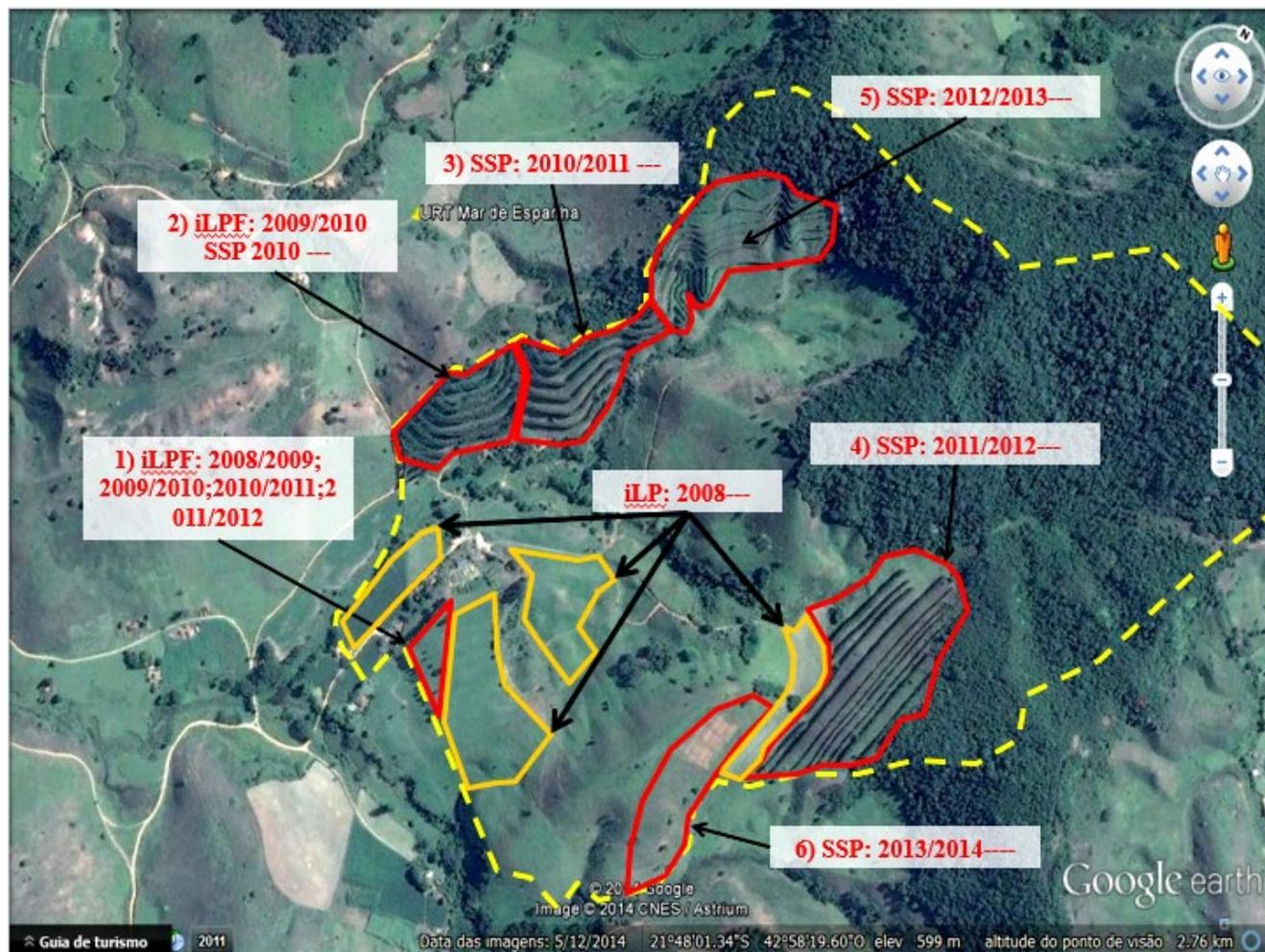


Figura 1. Divisão da propriedade em glebas e indicação do modelo a ser utilizado para cada situação, de acordo com o seu potencial.

Fonte: Adaptado de Google Earth.

Na Tabela 1, estão apresentadas as produtividades de silagem de milho, feijão e do pasto após a retirada das lavouras nas safras 2007/08, 2008/09 e 2009/10. Observa-se que as produtividades de silagem foram elevadas, acima da média. Com o aumento da produtividade de silagem, a primeira vantagem foi a redução na área necessária para encher os silos. Com isso, parte do milho cultivado, a princípio para produção de silagem, foi colhido como grão. Este, por sua vez, foi utilizado para a formulação do concentrado, produzido na propriedade, reduzindo o custo da ração. Como houve alta na produtividade do milho (aproximadamente 9.000 kg/ha), foi possível comercializar parte da produção, agregando mais renda à propriedade.

Em relação ao feijão, cultura tradicional do Sítio do Valão, segundo relatos dos produtores, não houve aumento na produtividade. É importante mencionar que o sistema de ILP foi sugerido de modo a se alterar o mínimo possível o manejo utilizado na propriedade. Prova disso é a manutenção do cultivo do feijão nas áreas do sítio. Embora não contribua efetivamente para a atividade leiteira, o plantio do feijão faz parte das atividades da propriedade e sempre gerou renda adicional. Ressalta-se também que o cultivo do feijão no Sítio do Valão ocorre na safrinha, quando as condições de clima, especialmente a precipitação pluviométrica, são muito variáveis e afetam negativamente o desenvolvimento da cultura. Em função disso, não era esperado incremento na produtividade do feijão pelo emprego da ILP.

Tabela 1. Produtividades de milho para silagem e grãos (60 kg/ha), feijão (60 kg/ha) e da pastagem nas safras 2007/08, 2008/09 e 2009/10 obtidas no sistema de ILP no Sítio Valão (Mar de Espanha/MG)

Safra	Milho silagem (t/ha)	Milho grão (sacos/ha)	Feijão (sacos/ha)	Pastagem (t/ha de forragem verde)
2007/08	55	156	20	52,5
2008/09	60	151	18	60,0
2009/10	50	150	20*	45,0

* Estimativa de produção.

Outro efeito positivo percebido logo no início da adoção da ILP foi a produção de forragem do pasto recém-formado. Após a colheita do milho para a silagem, a pastagem implantada apresentou alta taxa de crescimento, proporcionando forragem de boa qualidade (Tabela 1).

O que normalmente era uma área degradada e com pouca cobertura vegetal, sendo a maioria de plantas daninhas que não contribuíam com a alimentação dos animais, passou a ser fonte de alimento em época de escassez (inverno). Aproximadamente 50 dias após a colheita da silagem, a área começou a ser pastejada, retardando a necessidade de fornecimento total de volumoso no cocho. No início da época chuvosa posterior, em função do maior vigor das plantas, a rebrota do pasto foi adiantada, permitindo, também, a redução da suplementação volumosa no cocho.

Nesse período, quando se iniciou o aproveitamento do pasto recém-formado no sistema ILP (Figura 2), foi realizado teste para demonstrar a contribuição da forragem produzida para o manejo da propriedade. Uma área de 3 ha, próxima ao curral, implantada originalmente com milho e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, foi dividida em 13 piquetes, pastejo rotacionado, com lotação de 15 vacas, 1 dia de ocupação e 12 dias de descanso. Os animais, para efeito de suplementação alimentar concentrada, foram divididos em três grupos. A redução na quantidade de ração fornecida aos animais no cocho não provocou decréscimo na produção de leite. Mesmo com um intervalo de desfolha muito curto (12 dias), a produção de forragem foi elevada. Os ajustes necessários na taxa de lotação foram realizados (Figura 3).

Constatou-se, portanto, que a forragem produzida pelo pasto recuperado foi capaz de substituir parte do concentrado disponibilizado aos animais, mantendo-se a produtividade de leite. Isso foi importante para os próprios produtores verificarem e decidirem pela redução do fornecimento de

alimento concentrado, contribuindo para o aumento da renda líquida da atividade leiteira. Inicialmente eram fornecidos 8 kg de concentrado por vaca/dia e, a partir da utilização da área implantada com *B. brizantha* cv. Marandu, houve redução de 4 kg de concentrado por vaca/dia.



Figura 2. Piquete de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, formado no sistema de ILP, pastejado por vacas leiteiras no Sítio do Valão (Mar de Espanha/MG).

Fonte: Foto Embrapa Gado de Leite.

Em função dos resultados obtidos, essa área de 3 ha, normalmente cultivada com milho para silagem, foi deixada como pasto no período de safra. De outubro de 2008 a março de 2009, foram

mantidos aproximadamente 21 animais em sistema de pastejo rotacionado, com média de leite de produção de 20 kg/vaca/dia, proporcionando produtividade média de 140 kg/ha/dia (Figura 3).

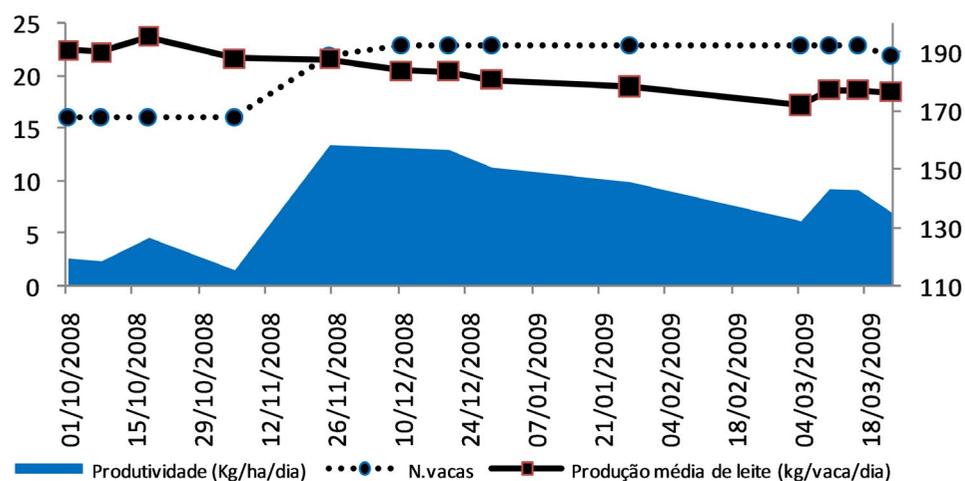


Figura 3. Número de vacas, produção média (kg/vaca/dia) e produtividade de leite [(kg/ha/dia)/10] no período de outubro de 2008 a março de 2009, obtidas em piquetes de *B. brizantha* (cv. Marandu) implantados no sistema de ILP no Sítio do Valão (Mar de Espanha/MG).

Nota: O eixo y da esquerda refere-se ao número de vacas e à produção média de leite, o da direita refere-se à produtividade.

Ainda na safra de 2008/09, uma área de aproximadamente 1,5 ha, com pastagem degradada próxima ao curral, foi incluída no sistema visando substituir a silagem que seria produzida na área de 3 ha deixada com pasto e também recuperar essa área de pastagem. Decidiu-se incluir o componente arbóreo visando tanto o sombreamento para os animais como também alternativa de renda futura aos produtores. Adotou-se, assim, o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com o plantio consorciado do milho para silagem, da braquiária e do eucalipto. O arranjo espacial adotado foi o de 21,0 x (3,0 x 2,0), em renques com duas linhas de árvores, com espaçamento entre plantas de 3,0 m x 2,0 m e 21,0 m entre as faixas, totalizando uma densidade de 416 árvores por hectare. Foram utilizadas mudas de *Eucalyptus grandis* propagadas por sementes. Nas áreas entre as faixas de árvores

foi feito o cultivo em consórcio do milho e a *B. brizantha* cv. Marandu. Seis meses após o plantio do consórcio e dois meses após a colheita do milho para silagem, os animais tiveram acesso ao pasto recém-formado. Para isso, foi necessária a proteção das linhas de eucalipto por meio de cerca eletrificada. Num primeiro momento, foram utilizadas novilhas para evitar a quebra das árvores que já estavam com aproximadamente 3 m de altura. Nessa área, foi realizado o cultivo de milho x braquiária durante 4 anos, com produtividades variando entre 60 t/ha/ano no primeiro ano e de 35 t/ha/ano de silagem de milho. No quarto ano, foi realizado o corte raso das árvores, com uma produção de 55 esteres de madeira comercializada para fabricação de toretes, além de 300 estacas que foram utilizadas para a produção de mourões tratados no sistema de substituição de seiva na própria propriedade (Figura 4).



Figura 4. Detalhes da primeira área implantada com o sistema de ILPF. Ao quarto ano, foi decidido fazer o corte raso das árvores para o aproveitamento da madeira para comercialização e produção de mourões.

Fonte: Foto Embrapa Gado de Leite.

Ainda na safra de 2008/09, novas áreas foram inseridas no sistema de ILP. Em uma dessas áreas, considerada a melhor da propriedade e normalmente cultivada na safra e na safrinha com milho para silagem, foi realizado novo teste para comprovação da capacidade de suporte. A forrageira implantada foi a *B. ruziziensis* cv. Kennedy, cuja

finalidade inicial era o fornecimento de forragem no inverno e de palhada para o plantio direto subsequente. Parte da área (0,6 ha) foi dividida em 13 piquetes e explorada com quatro vacas, com média de produção de leite de 18 kg/vaca/dia, aproximadamente (Figura 5).



Figura 5. Piquetes de *Brachiaria ruziziensis*, formados no sistema de ILP, no Sítio do Valão (Mar de Espanha/MG).

Fonte: Foto Embrapa Gado de Leite.

O manejo adotado na fazenda preconizava o fornecimento de silagem no cocho durante todo o ano. Na época seca do ano, todos os animais recebiam de 30 a 40 kg/vaca/dia de silagem de milho, e no período das águas 10 kg/vaca/dia.

É importante salientar que as vacas que pastejavam a área de *B. ruziziensis* não recebiam silagem de milho e somente 2 kg/vaca/dia de concentrado, além da forragem consumida na pastagem. As vacas que pastejavam a área de *B. brizantha*, por sua vez, recebiam 10 kg/vaca/dia de silagem de milho e 4 kg/vaca/dia de concentrado.

A partir de 2010, nova área de ILP, medindo aproximadamente 4 ha, foi implantada com o consórcio milho + *B. brizantha* cv. Marandu. Após o

corte do milho para a silagem, em metade da área, a pastagem de Marandu foi incorporada à área de *B. ruziziensis*, totalizando 2,6 ha. Essa área foi dividida em 17 piquetes, de modo que cada piquete foi pastejado por um dia com descanso de 16 dias. Esses 17 piquetes mantiveram 16 vacas, com uma taxa de lotação superior a 5 vacas/ha (Figura 6). Com a redução do volume de chuva, início da época seca, as vacas receberam 10 kg/vaca/dia de silagem de milho e 4 kg/vaca/dia de concentrado, com produtividade média de leite de 21 kg/vaca/dia. Os resultados permitem concluir que o pasto bem manejado é capaz de sustentar animais, proporcionando condições de obtenção de altas produtividades de leite, com grande redução de custo.



Figura 6. Visão geral de parte do Sítio do Valão. Áreas de piquetes implantadas por meio de ILP e ILPF.

Fonte: Foto (Embrapa Gado de Leite.)

Na safra 2009/2010, foi implantada uma nova área de ILPF, sob o mesmo arranjo, com aproximadamente 5 ha, mais acidentada, com o cultivo em consórcio do milho e a *B. brizantha* cv. Marandu nas áreas entre as faixas de árvores (Figura 7). Nessa

oportunidade, foram utilizadas mudas clonais de um híbrido de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*).

Na sequência, safra 2010/2011, foi implantada uma área adjacente de mesmo tamanho com o sistema silvipastoril.



Figura 7. Implantação do sistema de ILPF em duas áreas sequenciais. No primeiro plano (esquerda), a área implantada na safra 2009/2010 e, no segundo plano (direita), a área implantada em 2010/2011.

Fonte: Foto Embrapa Gado de Leite.

É importante mencionar que a obtenção e manutenção das produtividades vegetais (milho e forrageiras) obtidas no Sítio do Valão, assim como em qualquer outra propriedade, estão altamente relacionadas com o manejo de corretivos e adubações utilizadas nos sistemas. Com a intensificação da exploração da terra, a extração de nutrientes pelas plantas é incrementada, tornando essencial a sua reposição.

A produção florestal para as demais áreas foi estimada com base em dados dendrométricos obtidos em campo, com o auxílio do software SisILPF, desenvolvido pela Embrapa Florestas para a estimativa da produção de madeira e seus multiprodutos. Foi feita uma projeção da produção

de madeira considerando um horizonte de 12 anos com previsão de dois desbastes seletivos (50%) aos 4 e 8 anos antes do corte final. Os resultados são apresentados no Tabela 2.

Tabela 2. Estimativa da produção florestal no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com mudas propagadas por sementes x mudas clonais em esteres (st)/hectare

Produção	Plantio clone Safrá 2009/2010		
	Ano 4	Ano 8	Ano 12
Lenha/mourões (peças)	380	160	160
Toretas (st/ha)	13,5	75	40
Serraria (st/ha)	0	45	180

A Figura 8 destaca a propriedade Sítio do Valão antes da implantação do sistema de ILPF (2007) e 7 anos depois (2014) com suas diversas formas.



Figura 8. Sítio do Valão, antes (esquerda) e após (direita) a implantação da estratégia ILPF.

Fonte: Google Earth.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação das Unidades de Referências Tecnológicas (URTs) relacionadas ao sistema de ILPF nas Regiões da Zona da Mata e do Campo das Vertentes de Minas Gerais tem-se mostrado uma tecnologia sustentável gerando benefícios nos campos: ambiental, socioeconômico e político.

O plantio direto, sem revolvimento do solo, desde que com cobertura vegetal suficiente para formação de uma boa palhada, tem reduzido consideravelmente a perda do solo e água, promovendo melhorias em sua fertilidade natural e reduzindo problemas relacionados ao assoreamento de mananciais.

Dentro do campo social, destaca-se a recuperação da autoestima das famílias produtoras de leite nas regiões em apreço, devido aos resultados econômicos alcançados. A possibilidade de diversificação e aumento da renda, bem como a independência do produtor na produção de alimentos e produtos florestais para uso na própria propriedade compõem os benefícios do campo econômico.

O desenvolvimento e aumento da área plantada com sistemas de ILPF, bem como os resultados positivos gerados motivaram o poder público, especialmente no Município de Coronel Xavier Chaves, a promover investimentos no campo agrícola com a aquisição de maquinários de plantio direto, que viabilizarão a implantação de mais áreas relacionadas aos sistemas integrados de produção animal e vegetal. Destaca-se ainda o crescente interesse dos proprietários rurais dessas regiões e do Estado de Minas Gerais na contratação de projetos relacionados ao Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC) e ao Programa Nacional de Agricultura Familiar (Pronaf), especialmente relacionados aos subprogramas de recuperação de pastagens degradadas, plantio direto, ILPF e plantios florestais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Senhores Carlos Machado, Sérgio Machado e Vicente de Paula Machado, proprietários do Sítio do Valão, e ao Senhor Vanderlei dos Reis Souza, proprietário da Chácara das Gabirobas, por possibilitarem a implantação de Unidades de Referências Tecnológicas em suas propriedades, transformando-as em verdadeiras universidades e possibilitando a divulgação e a transferência de tecnologias com grande potencial de agregação de valor e renda na propriedade e na região.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Scaling up agroecological approaches for food sovereignty in Latin America. **Society for International Development**, n. 51, v. 4, p. 280-472, 2008.
- BALBINO, L. C.; VILELA, L.; CORDEIRO, L. A. M.; OLVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA DA SILVA, J. L. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) Região Sul**. Curso de capacitação do Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: Embrapa Cerrados, 2012, 83 p.
- BALBINO, L. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; KICHEL, A. N.; ROSINHA, R. O.; COSTA, J. A. A. **Manual orientador para implantação de unidades de referência tecnológica de integração lavoura-pecuária-floresta - URT/iLPF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. (Série Documentos).
- CALSAVARA, L. H. F.; MULLER, M. D.; MARTINS, C. E.; ROCHA, W. S. D.; SOUZA SOBRINHO, F.; BRIGHENTI, A. M. Influência da lavoura no desempenho econômico de um sistema ILPF. In: ILPF SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA, 2., 2012, Montes Claros. **Anais ...** Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias - UFMG, 2012. v. 1.
- CARVALHO, P. D. de; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; TREIN, C. R.; FLORES, J. P. C. I.; CEPIK, C. T. C.; LEVIN, R.; LOPES, M. T.; BAGGIO, C.; LANG, C. R.; SULC, R. M.; PELISSAR, A. O. O estado da arte em integração lavoura e pecuária. In: GOTTSCHALL, C. S.; SILVA, J. L. S.; RODRIGUES, N. C. (Org.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia**. Canoas-RS, 2005. p. 7-44.
- CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M. COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.
- DAL SOGLIO, F. K.; PANDOLFO, J. D.; PETTENON, L. S.; FERREIRA, L. R. Pesquisa Participativa em Citros. In: OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; SCHRODER, E. B.; ESSWEIN, F. J. (Org.). **Produção Orgânica de Citros no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010, v. 1, p. 242-260.
- DERETI, R. M. Transferência e validação de tecnologias agropecuárias a partir de instituições de pesquisa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 19, p. 29-40, 2009.
- HOTT, M. C.; MARTINS, C. E.; LIMA, V. M. B.; BELLOTI, T.; BALBINO, L. C. Distribuição geográfica das unidades de referência do programa de transferência de tecnologia para sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: FÓRUM DAS AMÉRICAS: LEITE E DERIVADOS. CONGRESSO INTERNACIONAL DO LEITE, 8., 2010, Juiz de Fora. **Anais ...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. v. 8, 10 p.
- INTERNATIONAL CENTER FOR RESEARCH IN AGROFORESTRY – ICRAF. **Resources for agroforestry diagnosis and design** (Working paper 7). Nairobi, Kenya: INCAFT, 1983. 292 p.
- JOSE, S.; GILLESPIE, A. R.; PALLARDY, S. G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 237-255, 2004.

- KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. **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, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).
- KRUG, E. E. B. Sucessão da Agricultura Familiar – Como Preparar o Futuro das Propriedades Leiteiras. In: FERNADES, E. N. et al. **Alternativas para produção sustentável da Amazônia.** Brasília, DF: Embrapa, 2013. 304 p.
- KRUSCHEWSKY, G. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; OLIVEIRA, T. K. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp. em sistema agrossilvipastoril no cerrado. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 360-367, out/dez. 2007.
- MÜLLER, M. D.; NOGUEIRA, G. S.; CASTRO, C. R. T. et al. Economic analysis of an agrosilvopastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1148-1153, 2011.
- NAIR, P. K. R. An introduction to Agroforestry. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993, 499 p.
- NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; MOREIRA, F. M. S.; D'ANDRÉA, A. F. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvipastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 105-112, 2009.
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. P. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIM, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 748-757, 2007a.
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; BOTELHO, S. S.; HIGASHIKAWA, E. M.; MAGALHÃES, W. M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v. 13, n. 1, p. 40-50, 2007b.
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 01-09, 2009.
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.
- PACIULLO D. S. C., CASTRO, C. R. T., GOMIDE, C. A. M. et al. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 141, p. 166-172, 2011.
- PAES LEME, T. M.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.
- SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; SÁ MENDONÇA, E.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, G. B.; GJORUP, D. F.; BONFIM, V. R. Learning by doing: a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application. **Agroforestry Systems**, v. 1, p. 1-1, 2012.
- XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J. et al. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicais**, v. 25, n. 1, p. 23-26, 2002.
- YOUNG, A. **Agroforestry for Soil Management**. 2. ed. Nairobi: ICRAF, 1997. 320 p.

Agricultura sustentável com produtos da Mata Atlântica

Maria da Penha Padovan¹; Fabiana Gomes Ruas²; Fabio Favarato Nogueira³;
Wagner Farias Ferreira Braz⁴; Marcelo Francia Arco-Verde⁵

Resumo - Espécies nativas da Mata Atlântica têm potencial para compor sistemas sustentáveis de produção, como os agroflorestais (SAF). Foi realizada a análise financeira de um SAF sucessional e multiestratificado, com 24 espécies, incluindo semiperenes e perenes, sendo a maioria nativa da Mata Atlântica, associadas a culturas anuais e bianuais no contexto do Projeto Biomas, instalado no Município de Sooretama, no Estado do Espírito Santo. A análise financeira demonstrou baixo desempenho financeiro na estimativa dos 10 primeiros anos com Valor Presente Líquido (VPL) e Valor Anual Equivalente (VAE) negativos de R\$ 7.770,88 ha⁻¹ e R\$ 1.080,97 ha⁻¹, respectivamente. No entanto, para uma previsão estimativa dos 10 anos seguintes os indicadores passaram a ser positivos com VPL de R\$ 5.820,42 ha⁻¹ e VAE de R\$ 528,24 ha⁻¹. A Taxa Interna de Retorno (TIR) foi de -3,9% e 5,6% para o período de 10 e 20 anos, respectivamente, considerando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 6,5%. A Relação Benefício/Custo (RB/C) foi de 0,8 e 1,1 para os respectivos períodos. O método utilizado possibilitou simulações com ajustes no arranjo, na seleção das espécies e no manejo visando o alcance da viabilidade financeira e da sustentabilidade do sistema. As espécies nativas da Mata Atlântica utilizadas no sistema apresentaram potencial para incremento da renda, segurança alimentar e conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Análise financeira. Sistema agroflorestal. Restauração ambiental. Conservação da Mata Atlântica.

Sustainable agriculture with products from the Atlantic Rainforest

Abstract - Native species from the Atlantic Rainforest are potentially indicated for sustainable production systems composition, such as agroforestry systems (AFS). The financial analysis of a successional and multi-stratified AFS with 24 species, including semi-perennials and perennials, mostly native from the Atlantic Rainforest, associated to annual and biennial species, was conducted in the context of the Biomas Project, installed at Sooretama municipality, in the state of Espírito Santo. The financial analysis showed a low financial performance in the first 10 years with negative Net Present Value (NPV) and Equivalent Annual Value (EAV) of R \$ 7,770.88 ha⁻¹ and R\$ 1,080.97 ha⁻¹, respectively. However, for the next 10 years, the indicators became positive with NPV of R\$ 5,820.42 ha⁻¹ and EAV of R\$ 528.24 ha⁻¹. The Internal Rate of Return (IRR) was -3.9% and 5.6% for the period of 10 and 20 years, respectively, considering the Minimum Attractiveness Rate (MAR) of 6.5%. The Benefit/Cost (B/C) ratio was 0.8 and 1.1 for the respective periods. The method used allows simulations with adjustments in the arrangement, species selection and management in order to achieve the financial viability and the system sustainability. The native species used in the system presented potential for increasing income, food security and biodiversity conservation.

Keywords: Financial analysis. Agroforestry system. Environmental restoration. Atlantic Rainforest conservation.

¹ Bióloga, D.Sc. Agrofloresta, Extensionista do Incaper, padovan@incaper.es.gov.br

² Bióloga, M.Sc. Biologia Vegetal, Extensionista do Incaper

³ Engenheiro Florestal, Responsável Técnico de Campo da Fundagres

⁴ Técnico Agrícola, Responsável Técnico de Campo do Projeto Biomas - Mata Atlântica

⁵ Engenheiro Florestal, D.Sc. Agrofloresta, Pesquisador da Embrapa Florestas

INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica consiste em uma das regiões de maior concentração de diferentes formas de vida e é, ao mesmo tempo, uma das áreas de mais alto risco de perda genética, sendo por isso considerado como um dos *hotspots* de biodiversidade do planeta e, portanto, uma das prioridades mundiais para conservação (MITTERMEIER et al., 1999). A Mata Atlântica tem um papel fundamental na provisão de serviços ambientais fundamentais, como a disponibilização de água, a captação de carbono da atmosfera, o potencial de uso da biodiversidade para múltiplos fins e a minimização dos efeitos dos eventos climáticos extremos (SCARANO; CEOTTO, 2015).

No entanto, o bioma concentra a maior ocupação urbano-industrial do país com mais de 60% da população, 70% do produto interno bruto e dois terços da economia industrial brasileira (MARTINELLI et al., 2013). Além disso, mais da metade das terras dedicadas à agricultura estão inseridas no domínio da Mata Atlântica (PINTO et al., 2014). As perspectivas de aumento da população e a consequente necessidade de incremento na produção de alimentos demandam, portanto, estratégias mais eficientes de uso da terra visando processos mais sustentáveis na agricultura.

Nesse contexto, os sistemas agroflorestais (SAF), que associam culturas agrícolas com espécies arbóreas e de diferentes extratos estão entre os arranjos produtivos mais compatíveis com a conservação do ambiente natural (VIVAN, 2010). As árvores podem absorver nutrientes das camadas mais profundas do solo, onde as culturas não alcançam, e produzir mais biomassa por área cultivada, com melhor aproveitamento dos recursos do perfil do solo (BIJARPAS; SHAHRAJI; LIMA EI, 2015). Sistemas agroflorestais possibilitam produzir alimentos e, ao mesmo tempo, melhorar as condições do solo (PADOVAN et al., 2015), reduzir as perdas de água no processo produtivo (PADOVAN et al., 2018), contribuir para o controle de pragas e doenças (PUMARIÑO et al., 2015), promover paisagens mais heterogêneas e processos produtivos mais sustentáveis.

Sendo mais diversificado quando comparado com a agricultura tradicional, os SAF podem contribuir para promover a segurança alimentar nas pequenas propriedades rurais. No Brasil, 84% dos estabelecimentos rurais são de agricultores familiares, os quais constituem a base da economia de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes. A agricultura familiar é responsável pela renda de 40% da população economicamente ativa do país (IBGE, 2009). Políticas públicas direcionadas à agricultura familiar, apesar de não serem específicas com relação ao modo de produção, têm promovido direta ou indiretamente o desenvolvimento de SAF. Programas institucionais para ampliação dos canais de comercialização dos produtos da agricultura familiar, como o Programa de Aquisição de Alimentos (Lei 10.696/2003) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (Lei 11.947/2009), por exemplo, favorecem também o mercado para produtos de SAF. Além disso, a partir do Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012), houve um aumento no potencial de adoção de SAF e de utilização de espécies nativas de uso múltiplo, com produção de alimentos e geração de renda, no processo de adequação ambiental das propriedades rurais.

Estudo sobre a percepção das comunidades rurais quanto ao uso econômico de espécies da Mata Atlântica mostrou que mesmo as espécies mais amplamente conhecidas não são vistas como fonte de renda (ALARCON et al., 2011). No entanto, uma análise sobre o potencial para comercialização das espécies frutíferas da Mata Atlântica evidenciou demanda de consumo estimada em 5.525.981 kg de frutos *in natura* por ano (CEDAGRO/TNC, 2018). Apesar do amplo potencial de uso das espécies da Mata Atlântica na indústria alimentícia, farmacêutica e de cosméticos, poucas têm sido utilizadas na agricultura. A limitada participação de produtos da Mata Atlântica nos SAF e na agricultura de modo geral pode estar relacionada com a falta de conhecimento técnico do manejo e do mercado de espécies nativas. Por outro lado, a inclusão de espécies nativas em SAF está diretamente relacionada com a sua viabilidade financeira.

Historicamente, nos estudos sobre SAF, têm sido enfatizados os aspectos ecológicos e biofísicos em detrimento dos aspectos econômicos. Embora nas últimas décadas tenham crescido as pesquisas sobre os aspectos financeiros, a complexidade dos SAF, os diferentes ciclos de vida das espécies e os poucos dados disponíveis sobre os coeficientes técnicos das culturas nas diversas condições ambientais e de manejo têm limitado os processos de avaliação financeira (ALAVALAPATI; MERCER; MONTANBAUT, 2004).

No entanto, a aplicação de métodos de avaliação financeira é fundamental para promover a ampla adoção de processos produtivos mais sustentáveis. O objetivo deste trabalho é apresentar a viabilidade financeira de um SAF complexo, sucessional e multiestratificado utilizando espécies perenes e semiperenes, em sua maioria da Mata Atlântica, associadas a cultivos anuais/bianuais no contexto do Projeto Biomas - Mata Atlântica. Além disso, são apresentados o potencial de uso e os avanços em relação ao cultivo de espécies nativas nos processos produtivos.

SISTEMA AGROFLORESTAL – PROJETO BIOMAS MATA ATLÂNTICA

O Projeto Biomas foi estabelecido em seis biomas brasileiros: Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Amazônia, Pampa e Pantanal, com o objetivo de desenvolver pesquisa científica, visando promover a inclusão de árvores com fins ambientais e econômicos nas propriedades rurais. A expectativa é que os resultados do projeto possam subsidiar o aprimoramento da legislação ambiental considerando as especificidades de cada bioma. O projeto é coordenado pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES).

Na Mata Atlântica, o Projeto Biomas está sediado no Estado do Espírito Santo e é coordenado pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Consiste em 25 projetos

de pesquisa envolvendo 80 pesquisadores do Incaper e de outras 31 instituições de pesquisa. Desde 2013, por meio dos experimentos instalados, foram plantadas mais de 80 mil mudas de plantas de 85 espécies diferentes na área do Projeto Biomas.

O projeto está situado na Fazenda São Marcos, Município de Sooretama, Estado do Espírito Santo (19° 12'47" S e 40° 03'02" W). O clima na região é do tipo tropical, quente e úmido, com verão chuvoso e inverno seco (Aw, de acordo com a classificação de Köppen). A temperatura média anual é de 23,3 °C, variando entre 14,8 °C e 34,2 °C (média das mínimas e máximas, respectivamente). A precipitação pluviométrica média anual é de 1.202 mm com chuvas concentradas no período de outubro a março e forte variação entre os anos (INCAPER, 2019).

No contexto do Projeto Biomas, foi instalada uma parcela de SAF com objetivo de restauração de Reserva Legal. O sistema foi estabelecido em novembro de 2016 e se caracteriza como complexo e multiestratificado. Também se configura como sucessional, com diferentes composições dependendo do período de permanência das espécies. Foram privilegiadas as espécies locais, adaptadas às condições restritivas de solo, às condições adversas de clima e à limitação de água, próprias da região. No processo de sucessão, foram utilizadas espécies com potencial para comercialização na região visando a geração de renda continuada até a consolidação do extrato arbóreo. O conhecimento das plantas pelos agricultores também foi levado em consideração visando ampliar as possibilidades de adoção do sistema na região.

A preparação do solo incluiu gradagem e subsolação. A fertilização foi feita com calcário dolomítico (100 g por cova) e NPK 4-30-10 (200 g por cova). Foram incluídas plantas de feijão-guandu (*Cajanus* sp.) com a função principal de produção de biomassa para o fornecimento de material para cobertura de solo, a disponibilização de macronutrientes e a redução gradual de insumos minimizando os custos de produção. Utilizou-se hidrogel no plantio e irrigação por microaspersão no primeiro ano.

O SAF consistiu na associação de 24 espécies incluindo perenes, semiperenes e cultivos anuais/bianuais. O experimento foi implantado em

blocos medindo cada um 200 m x 17,5 m, com três repetições (Figura 1).

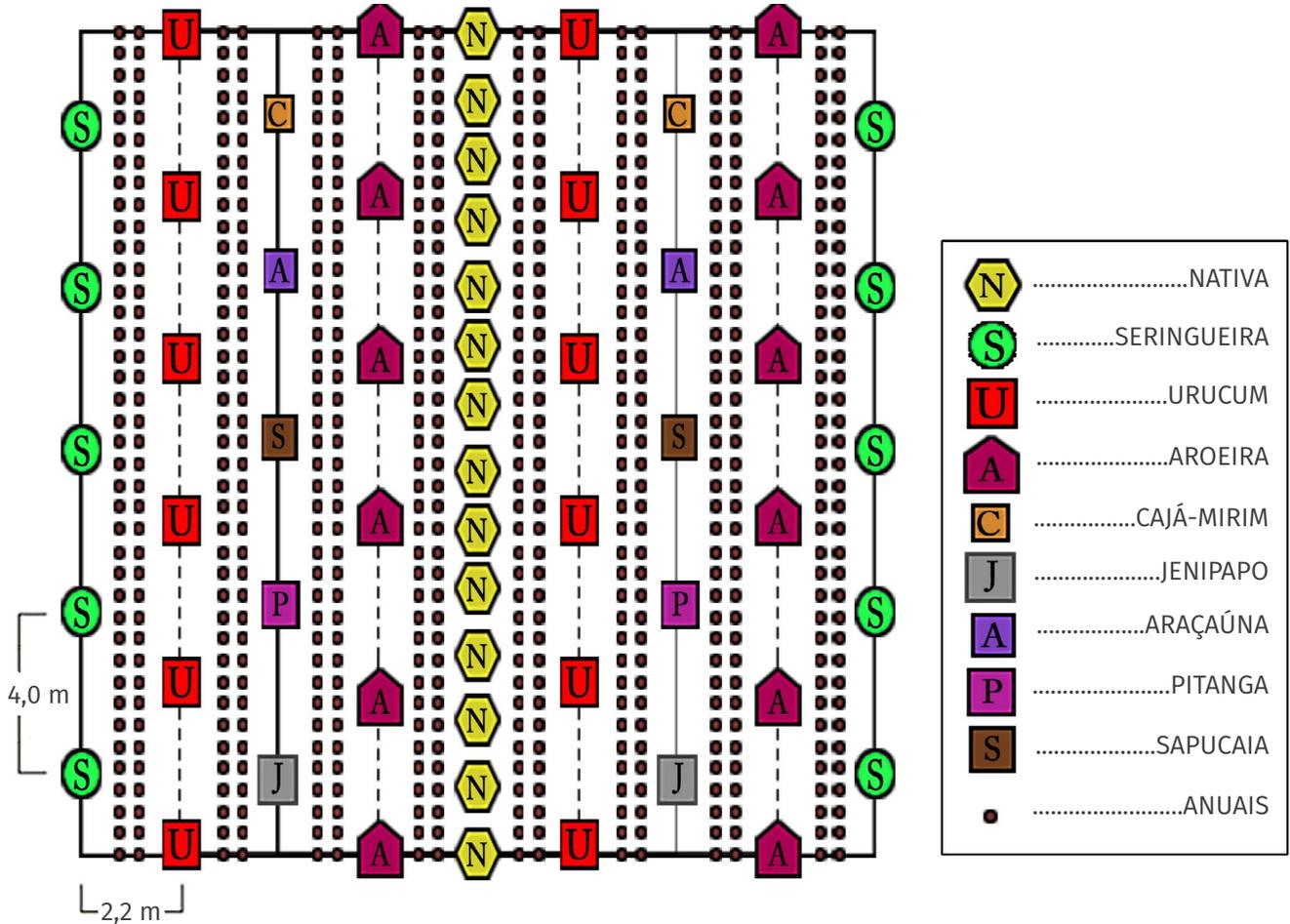


Figura 1. Distribuição espacial das espécies incluindo perenes, semiperenes e cultivos anuais que se repetem ao longo de cada bloco na parcela de SAF.

Cada bloco foi delimitado por linhas simples de seringueira (*Hevea brasiliensis* L.), clone FX 3864 com plantas a cada 4 m em linha (17,5 m x 4 m). Foi implantada uma linha central de espécies florestais da Mata Atlântica com objetivo de restauração ambiental onde foram incluídos: gonçalo-alves (*Astronium graveolens* Jacq.), jequitibá (*Cariniana legalis* (Martius) Kuntze), vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.), ipê-amarelo (*Handroanthus albus*), ipê-felpudo (*Zeyhera tuberculosa* (Vell.) Bur.), boleira

(*Joannesia princeps*), madeira-nova (*Pterogyne nitens* Tul.), pau-d'álho (*Gallesia integrifolia* Vell. Moq.), angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), angico-canjiquinha (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), fedegoso (*Senna occidentalis* (L.) Linck. Handb) e sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). As espécies foram intercaladas a cada 1,5 m em linha visando a produção de lenha e estacas e geração de matéria orgânica a partir do manejo.

O sistema inclui duas linhas de espécies frutíferas nas quais foram intercaladas plantas de sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.), araçauína (*Psidium myrtoides* O. Berg.), jenipapo (*Genipa americana* L.), cajá-mirim (*Spondias mombin* Linn.) e pitanga (*Eugenia uniflora* L.) a cada 4 m em linha. As frutíferas estão entre as linhas de seringueira e de espécies arbóreas (8,75 m x 20 m).

Entre as linhas de seringueira, de frutíferas e de arbóreas nativas, foram incluídas duas linhas de urucum (*Bixa orellana* L.) e duas linhas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi) no espaçamento 8,75 m x 4 m.

As entrelinhas foram utilizadas para cultivo de feijão-fradinho (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) nos primeiros 4 meses de implantação do sistema e, posteriormente, foi substituído por abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merril. Coppens d'Eeckerbrugge), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e milho (*Zea mays* L.).

As espécies anuais/bianuais, semiperenes e perenes marcam as três fases principais do SAF com duração de aproximadamente 2, 6 e 20 anos, respectivamente (Figuras 2, 3 e 4). O prazo de 20 anos para a terceira fase foi estabelecido considerando a formação do extrato arbóreo e o período definido para avaliação financeira do sistema.

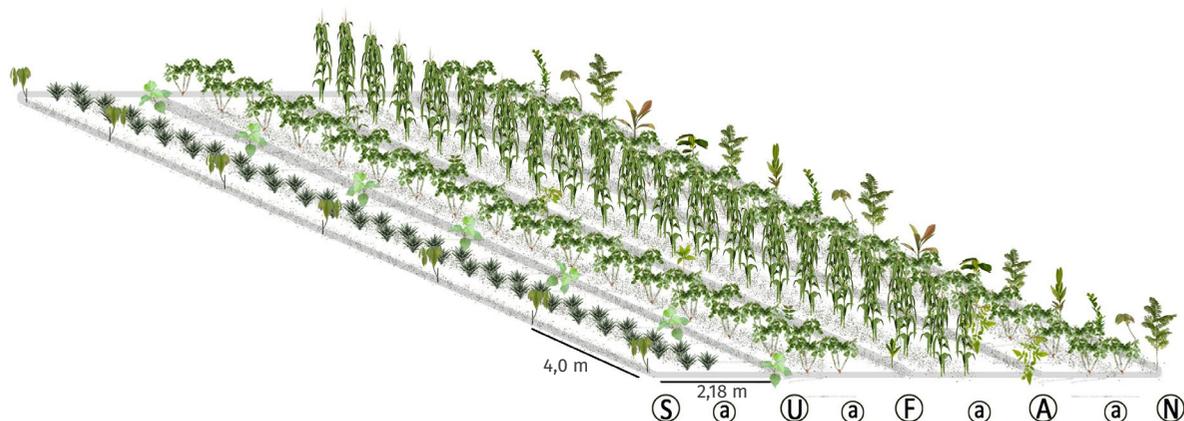


Figura 2. Esquema ilustrativo parcial dos blocos da parcela de SAF com 2 anos de implantação. Culturas anuais/bianuais (a) de feijão, milho, mandioca e abacaxi estão em produção nas entrelinhas das mudas de seringueira (S), urucum (U), frutíferas (F), aroeira (A) e nativas (N).

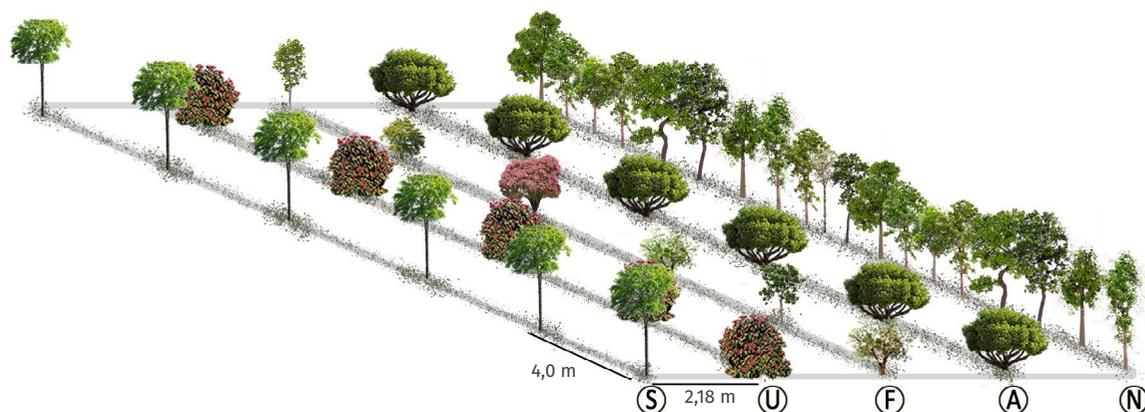


Figura 3. Esquema ilustrativo parcial dos blocos da parcela de SAF com 6 anos de implantação. Culturas anuais/bianuais já saíram do sistema. Urucum (U), aroeira (A) e frutíferas semiperenes (pitanga e araçauína) estão em produção enquanto que as espécies frutíferas (F) perenes e nativas (N) estão em crescimento.

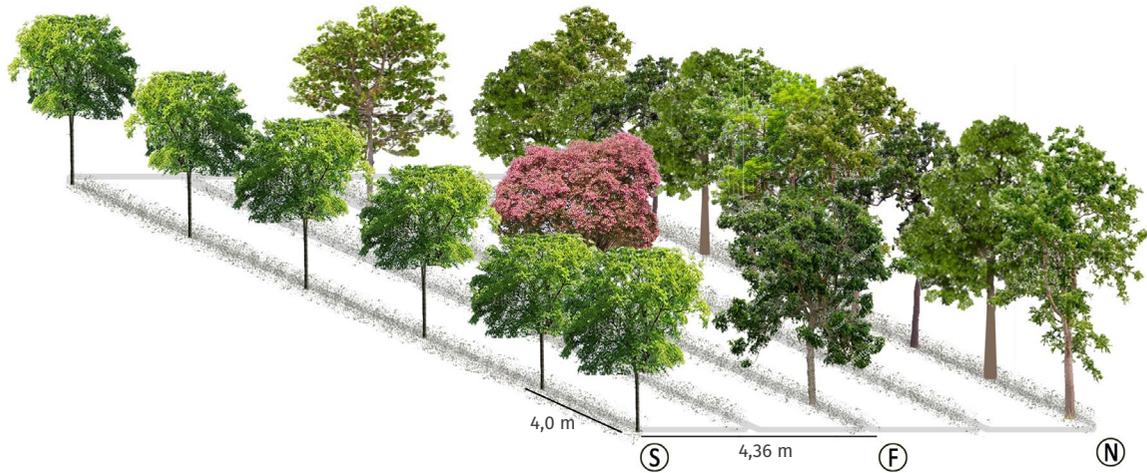


Figura 4. Esquema ilustrativo parcial dos blocos da parcela de SAF previsto para 20 anos. Culturas anuais/bianuais e semiperenes já não constam do sistema. O processo de restauração ambiental foi estabelecido. As seringueiras (S) e as espécies frutíferas (F) estão em produção.

As espécies utilizadas no SAF com os referidos ciclos de vida, espaçamento em cada um dos três blocos da área experimental (17,5 m x 200 m),

densidade por hectare e a função das espécies no sistema estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Ciclo de vida, espécies, famílias, plantas por hectare e objetivo das espécies no SAF

Ciclo de vida	Espécies	Nome comum	Família	Plantas ha ⁻¹	Objetivo
Anual	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merril. <i>Coppens d'Eeckerbrugge</i>	Abacaxi	Bromeliaceae	3660	Fruto
	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca	Euphorbiaceae	11400	Raiz
	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Feijão	Fabaceae	62500	Grão
	<i>Zea mays</i> L.	Milho	Poaceae	8550	Espiga
Semiperene	<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	Bixaceae	284	Fruto
	<i>Eugenia</i> sp.	Pitanga	Myrtaceae	58	Fruto
	<i>Psidium eugeniaefolia</i>	Araçá-úna	Myrtaceae	58	Fruto
	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira	Anacardiaceae	284	Fruto
Perene	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.)	Angico-vermelho	Fabaceae	30	Restauração
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Gonçalo-alves	Anacardiaceae	30	Restauração
	<i>Cariniana legalis</i> (Martius)	Jequitibã	Lecythidaceae	30	Restauração
	<i>Gallesia integrifolia</i> Vell. Moq.	Pau-d'alho	Phytolacaceae	30	Restauração
	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae	58	Fruto
	<i>Hevea brasiliensis</i> L.	Seringueira	Euphorbiaceae	142	Látex
	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Boleira	Euphorbiaceae	30	Restauração
	<i>Lecythis pisonis</i> Camb.	Sapucaia	Lecythidaceae	58	Fruto
	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.	Sabiá	Fabaceae	30	Estaca
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Angico-canjiquinha	Mimosaceae	30	Restauração
	<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	Vinhático	Fabaceae	30	Restauração
	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Madeira-nova	Fabaceae	30	Restauração
	<i>Senna occidentalis</i> (L.) Linck. Handb	Fedegoso	Fabaceae	30	Lenha
	<i>Spondias mombin</i> Linn	Cajá	Anacardiaceae	58	Fruto
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nicholson	Ipê-amarelo	Bignoniaceae	30	Restauração	
<i>Zeyhera tuberculosa</i> (Vell.) Bur	Ipê-felpudo	Bignoniaceae	30	Restauração	

ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA COM POTENCIAL PARA COMPOSIÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

AROEIRA (*Schinus terebinthifolia* Raddi)

A aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi) é uma espécie pioneira pertencente à família Anacardiaceae. Embora tenha ampla distribuição na Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado, ocorre predominantemente nas áreas de influência do bioma Mata Atlântica, como são os ecossistemas de restinga. Tradicionalmente obtidos por meio da atividade extrativista, os frutos têm grande demanda no comércio, principalmente no mercado externo como condimento (NEVES et al., 2016) (Figura 5). O cultivo em escala comercial tem permitido melhorar a qualidade do produto e reduzir os impactos devido à colheita predatória. É crescente

a demanda para aproveitamento de subprodutos, tais como óleo e outros componentes químicos visando a produção de fitofármacos devido às suas propriedades antimicrobianas (VENTURA et al., 2018), cosméticos, perfumaria, assim como para alimentação animal, a partir do fruto, folhas e casca. Tais insumos vão para mercados diversos, no entanto, o método de extração de partes das plantas tem profundo efeito no isolamento de princípios químicos ativos (SALES; SARTOR; GENTILLI, 2015; SALES, 2013). Além disso, outros usos podem ser citados para a aroeira, que tem sido utilizada com êxito nos processos de restauração ambiental devido, principalmente, à sua rusticidade e à resistência a condições de *deficit* hídrico (RUAS et al., 2018).



Figura 5. Planta de aroeira (*Schinus terebinthifolia*) e ramo com frutos maduros.

Entre os resultados gerados pelo Projeto Biomass - Mata Atlântica e instituições parceiras, está o referencial técnico de cultivo e manejo visando atender a domesticação da espécie (poda, adubação, irrigação, boas práticas, controle de

pragas e doenças, conservação de solo e água), além da seleção de genótipos superiores que integram os bancos genéticos do Incaper. A implantação e manutenção do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de aroeira é fundamental para

disponibilização de material genético propagativo de qualidade validada (RUAS, 2016). A Figura 6 mostra a técnica de clonagem por estaquia que vem sendo desenvolvida pelo Incaper na Fazenda Experimental Reginaldo Conde, em Viana. Em parceria com a Universidade de Vila Velha (UVV), estão sendo desenvolvidas análises morfológicas/ecológicas e de DNA, rastreabilidade, comparações populacionais em diferentes regiões do Estado, potenciais de mercados e desenvolvimento de insumos e subprodutos de acordo com perfis químicos dos produtos *in natura* ou processados.



Figura 6. Técnica de clonagem por estaquia - Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de aroeira instalado na Fazenda Experimental Reginaldo Conde (FERC), pertencente ao Incaper, em Viana, ES.

Visando promover a transição da aroeira de atividade puramente extrativista para o cultivo comercial, o Incaper criou, em 2016, o Grupo de Trabalho (GT) Aroeira, formado por extensionistas e pesquisadores, os quais dialogam sobre diversos temas, entre eles diferenciações intraespecíficas, estudos e possibilidades de lançamentos de variedades, influência ambiental no comportamento e produtividade de populações cultivadas e nativas. Além disso, vem sendo discutido o acesso à Indicação Geográfica (IG) na modalidade Indicação de Procedência (IP) para a pimenta-rosa do Espírito Santo, cujos municípios propostos são apresentados na Figura 7. A atuação do GT Aroeira impacta o desenvolvimento de arranjos produtivos no Estado

e serve de base para políticas públicas de fomento e acesso às linhas de financiamento da cadeia produtiva. Importante ressaltar que o Espírito Santo é o maior produtor e exportador de pimenta-rosa do país, atendendo à demanda crescente por esse produto no mercado internacional e buscando abertura de novos mercados.

A cadeia produtiva da aroeira no Espírito Santo encontra-se relativamente avançada em termos de organização e volume produzido. O Estado possui produtores e extrativistas fornecedores do fruto *in natura*, bem como indústrias que processam e exportam os frutos selecionados. Segundo dados do levantamento realizado pelo GT Aroeira - Incaper, no final do ano de 2017, o Espírito Santo contava com um universo ainda pouco conhecido e certamente muito aquém do real, com uma média de 112 produtores rurais, envolvendo 600 famílias distribuídas numa área de aproximadamente 900 ha de cultivos comerciais em franca expansão. Esse universo de produtores era composto, em sua maior parte, de pequenos proprietários, incluindo agricultores familiares e, aproximadamente, 40 extrativistas (em complemento às outras atividades, como trabalhos temporários na colheita de café, que ocorre na estação seguinte, catadores de caranguejo e desempregados), além de comunidades tradicionais, como pescadores, indígenas, quilombolas e assentados, e ainda, os fomentados pela indústria. O trabalho de todos esses atores somou, em 2017, uma produção média de 500 t de pimenta-rosa (frutos frescos provenientes dos cultivos comerciais e do extrativismo).

De acordo com a Associação Capixaba de Exportadores de Pimentas e Especiarias (Acepe), o Espírito Santo destaca-se no cenário nacional como o primeiro lugar no ranking de exportação com 500 t de pimenta-rosa exportadas em 2018. Considerando que para cada quilo de pimenta-rosa beneficiada para exportação são necessários 4 kg de fruto fresco, pode-se inferir uma produção de, no mínimo, 1.500 a 2.000 t ano⁻¹ de fruto fresco (Informação verbal)⁶.

⁶ Informação fornecida por MARTIN, R., presidente da Associação Capixaba dos Exportadores de Pimentas e Especiarias (Acepe).

**Indicação Geográfica (IG) da Aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi)
 Modalidade: Indicação de Procedência (IP) da Pimenta-Rosa do ES**

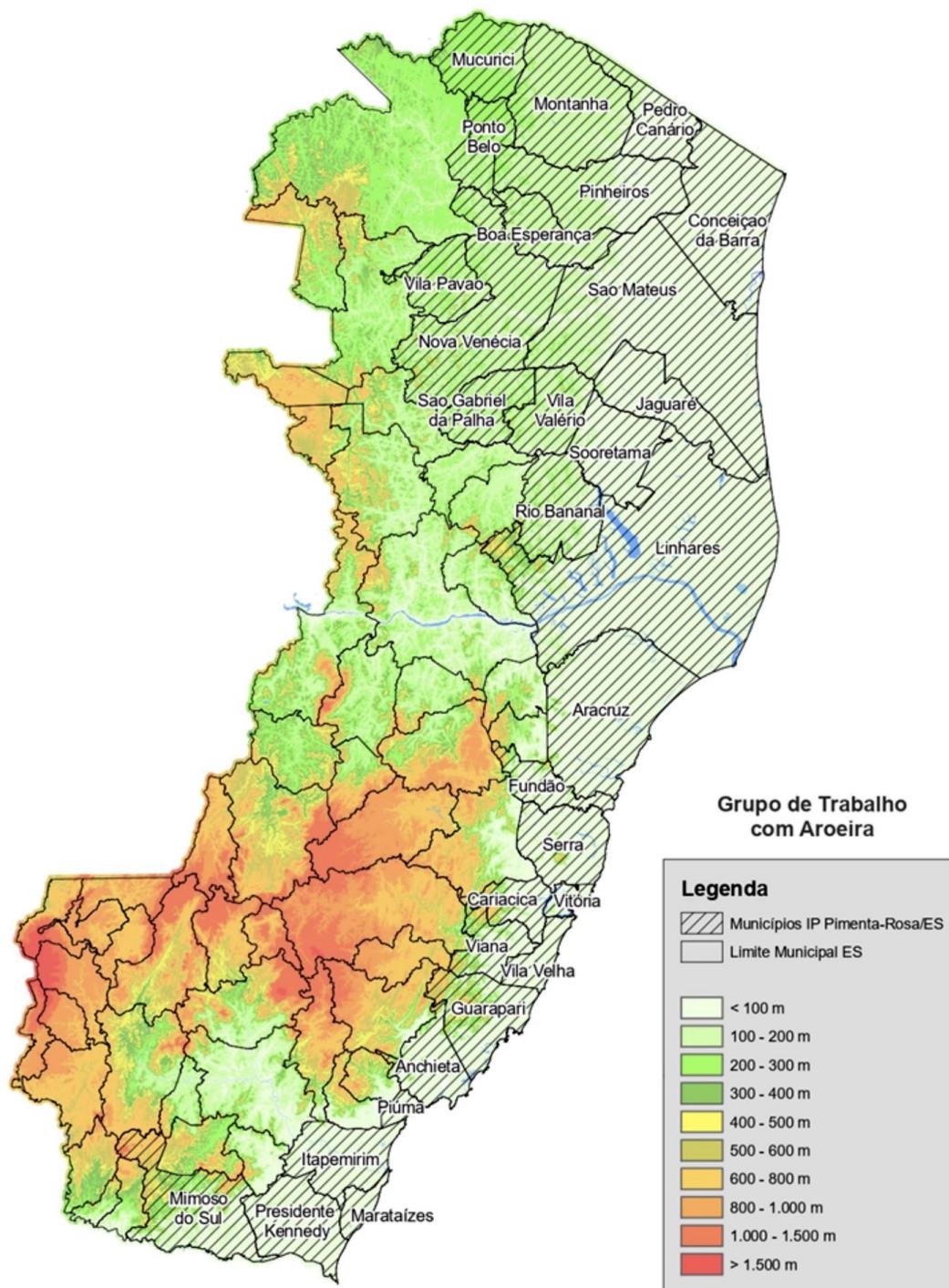


Figura 7. Municípios propostos para acessar a Indicação Geográfica (IG) na modalidade Indicação de Procedência (IP) da pimenta-rosa do Espírito Santo.

O refugio do beneficiamento possui potencial para exploração com outras finalidades, como por exemplo, para o desenvolvimento de fitofármacos visando o combate a microrganismos resistentes (bactérias hospitalares), os quais foram ativos principalmente contra *Staphylococcus aureus* (MIC 0,60–0,90 mg / mL), *E. faecium* e *E. faecalis* (MIC 1,20 - 2,10 mg / mL) (GOMES et al., 2019).

Embora produzida principalmente em monocultivo, a aptidão da aroeira para compor projetos de produção integrada foi demonstrada quando comparado o plantio em pleno sol e em área de capoeira. A análise do índice de sobrevivência indicou 81,3% e 68,1% para capoeira e área aberta, respectivamente. Melhores índices de sobrevivência obtidos em área mais sombreada poderiam indicar uma melhor adaptação da planta à condição de sombra em sua fase inicial (CHIAMOLERA; ÂNGELO; BOEGER, 2011). No Projeto Biomas, o uso da aroeira em SAF é muito recente, e ainda sem resultados conclusivos em termos de desempenho da planta. Poucas experiências de aroeira em SAF têm registro na literatura.

SAPUCAIA (*Lecythis pisonis* Cambess)

A sapucaia é uma espécie da Mata Atlântica, da família Lecythidaceae, caducifolia, secundária tardia, cuja distribuição vai do Ceará ao Rio de Janeiro com ocorrência predominante nos Estados da Bahia e do Espírito Santo. As árvores podem alcançar de 50 cm a 90 cm de diâmetro e de 20 m a 30 m de altura (LORENZI, 2002) (Figura 8A).

O termo “sapucaia” origina-se do tupi, que significa “fruto que faz saltar o olho”, e isso se deve ao fato de que ao se abrir o opérculo (estrutura que serve de tampa ou cobertura a uma cavidade ou orifício), o fruto fica com um formato de um olho. Há quem acredite que a palavra tem origem no termo tupi para galinha, que era o elemento de troca entre índios e portugueses, no início da colonização, que as trocavam pelas sementes do fruto – castanhas.

O fruto é deiscente, sendo semelhante a uma urna ou “pote” de barro, possuindo paredes grossas e lenhosas com 10 a 30 sementes por fruto (LORENZI,

2002) (Figura 8B). As sementes são comestíveis e têm alto valor comercial (Figura 8C). O arilo vem sendo utilizado na culinária (Figura 8D). As castanhas de sapucaia são fontes naturais de vitaminas, minerais, proteínas e ácidos graxos essenciais, podendo assim contribuir para a dieta humana e de animais, são fontes potenciais de compostos bioativos e trazem benefícios significativos à saúde humana. A composição centesimal revelou 54,8% de lipídios; 26,82% de proteínas; 5,01% de carboidratos; 3,17% de cinzas e 10,2% de umidade. Quanto ao perfil lipídico, 43,1% eram ácidos graxos polinsaturados, 41,7% ácidos graxos monoinsaturados e 15,2% ácidos graxos saturados. Os minerais fósforo, magnésio e manganês se destacaram pelos elevados teores, 941; 343 e 4,8 mg 100g⁻¹, respectivamente (CARVALHO et al., 2012). A planta produz madeira com amplo potencial de uso na propriedade rural, na indústria moveleira, portuária, de construção e de instrumentos musicais (SOUZA et al., 2014).

Estudos e ações voltadas para a composição de Banco Ativo de Germoplasma (BAG), vêm sendo desenvolvidas pelo Incaper em parceria com a Universidade de Vila Velha (UVV), com o objetivo de selecionar os espécimes com maior potencial econômico e bioativo em diferentes regiões do Espírito Santo. Por meio de testes de germinação e multiplicação de sementes, incluindo enxertias, pretende-se contribuir para acelerar o processo de produção dos frutos. A análise fitoquímica poderá gerar parâmetros técnicos tanto em relação à rastreabilidade quanto à ecologia, com georreferenciamento das plantas. Participam da pesquisa seis municípios do Espírito Santo (Linhares, Aracruz, Laranja da Terra, Domingos Martins, Viana e Santa Teresinha). O Estado é rico em materiais genéticos que apresentam alta produtividade e qualidade, com viabilidade econômica, replicabilidade e potencial para integrar processos de recuperação de áreas degradadas e SAF (Figura 8E).

A sapucaia é uma espécie que alcança posição de dossel superior ou emergente nas florestas primárias. Nos SAF, é muito utilizada no sombreamento de cacau

e é comumente encontrada na região cacauceira do sul da Bahia (BARAZETTI et al., 2011) e do Espírito Santo. A avaliação do índice de sobrevivência da sapucaia em

SAF na Amazônia indicou uma variação entre 73% e 93% (SANTOS; MANESCHY, 2015), enquanto em sistema agrossilvipastoril foi de 66% (CASTRO et al., 2011).



Figura 8. Árvore de sapucaia (*Lecythis pisonis*) com frutos já operculados ocorrendo a dispersão das sementes (A). Fruto com o opérculo e castanhas (B); sementes com o arilo aderido (C); e exemplar em SAF, em Laranja da Terra-ES (D).

JUÇARA (*Euterpe edulis* Martius)

A juçara, também chamada içara, jiçara, palmito-juçara, palmito-doce, palmito e ripeira, é a palmeira símbolo do bioma Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo (Figura 9A). Está incluída na Lista Vermelha das espécies da flora do Brasil sob risco de extinção, já que, para a exploração do palmito, ocorre inevitavelmente a morte da planta, que conta apenas com um único estipe, não perfilha e não rebrota (MARTINELLI et al., 2013). As implicações ambientais na redução de populações de juçara são diversas, com reflexos em diversos grupos de fauna incluindo primatas, mamíferos, roedores e aves. As interações são múltiplas, e o declínio de populações e a perda de diversidade de elementos da fauna também podem ter efeitos ecológicos negativos, principalmente se envolvem polinizadores e dispersores de sementes, com consequências imediatas para a dinâmica populacional da juçara (CARVALHO et al., 2016).

Na perspectiva de uso sustentável da juçara, passou-se a promover a utilização dos frutos, assim como da polpa (Figuras 9B, C, D, E e F). Os frutos são fontes de minerais, vitaminas, fibras, antocianinas, lipídios, açúcares, proteínas e óleos vegetais (SILVA et al., 2013; SILVA, N. et al., 2014). Os frutos apresentam componentes fenólicos conhecidos por sua capacidade antioxidante e, portanto, com efeitos potenciais na prevenção de enfermidades. Experimentos em laboratório indicam o seu potencial na redução na disfunção renal (POLESE et al., 2017).

Os frutos têm propriedades organolépticas e nutritivas similares às do açaí produzido a partir do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), o qual é nativo da Região Norte do Brasil. O processamento dos frutos e o uso da polpa de açaí generalizou-se em todo o país e, por ter propriedades similares, a juçara também ganhou potencial de mercado. A análise comparativa do teor de antocianinas da polpa dos frutos da juçara e do açaí demonstrou que o da juçara é quatro vezes maior que o do açaí (IADEROZA, 1992). Os resultados da composição centesimal, pH, acidez e sólidos solúveis totais das polpas de juçara e açaí, com base em Ribeiro, Mendes e Pereira (2011), são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição centesimal, pH, acidez e sólidos solúveis totais das polpas de juçara e açaí

	Juçara	Açaí
Umidade (g 100 g ⁻¹)	88,90 (0,26)	89,18
Lipídios (g 100 g ⁻¹)	4,36 (0,55)	4,61
Proteínas (g 100 g ⁻¹)	0,09 (0,00)	0,17
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	0,38 (0,02)	0,41
Carboidratos (por diferença)	6,27	5,63
Acidez em ácido cítrico (g 100 g ⁻¹)	0,19 (0,00)	0,19
pH	4,84	5
Sólidos solúveis totais o Brix	3,03	2,7

Fonte: Adaptado de Ribeiro, Mendes e Pereira (2011).

Testes sensoriais com polpa de juçara e açaí foram realizados pelo Incaper em 2018, com 58 participantes, visando registrar a percepção, preferência e aceitação pelo público. O resultado demonstrou que o consumidor não percebe claramente alguma diferença, já que apenas 53,4% distinguiram entre as polpas de juçara e de açaí. O teste demonstrou ainda que 55% dos participantes preferiram a polpa de juçara com banana em vez da de açaí com banana.

Comumente encontramos a polpa dos frutos de juçara sendo comercializada como de açaí, tendo em vista as facilidades dessa comercialização de produto registrado, já consolidado no mercado, com reconhecimento e aceitação mundial. Porém, alguns estados têm implementado iniciativas para dar o devido valor à polpa da juçara, fortalecer a Rede Nacional Juçara e buscar os trâmites legais para registro desse produto da Mata Atlântica que começa a aparecer nos levantamentos e boletins agrícolas. A polpa da juçara normalmente acompanha o valor da polpa do açaí. No ano de 2000, a polpa do açaí era de R\$ 0,49/kg, e passou para R\$1,69 em 2012 (MMA, 2014), chegando a R\$ 7,50 em 2018 (informação verbal)⁷.

Sendo uma espécie de uso múltiplo, o produtor de juçara pode incrementar sua renda também a partir da comercialização das sementes e das mudas, desde que observadas as regras do Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem). As sementes devidamente beneficiadas alcançam aproximadamente 80% de taxa de germinação, o que

⁷Informação verbal concedida pelo agricultor Bertolotti, P. em 2018.

pode ocorrer de 30 dias (verão) até 3 meses (inverno), especialmente após passarem por processo de despolpa (AGUIAR et al., 2002).

No Espírito Santo, a produção de juçara se destaca nos Municípios de Rio Novo do Sul, Vargem Alta e Santa Teresa. No Município de Santa Teresa, na propriedade do agricultor familiar Emerson Miranda, foi elaborado o primeiro Plano de Manejo para Exploração Sustentável dos frutos da juçara aprovado pelo Instituto de Defesa Agropecuária e florestal do Espírito Santo (Idaf). Esse foi um grande marco para o Estado, comemorado em evento organizado pelo Projeto Biomas - Mata Atlântica e

parceiros, na propriedade rural, em 27 de fevereiro de 2019. A Instrução Normativa nº 003, de 31 de julho de 2013, orienta o manejo do fruto da juçara e traz normas para a elaboração do Plano de Exploração Sustentável Simplificado para Extração do Fruto da Palmeira-Juçara (*Euterpe edulis*), além de legalizar a extração florestal desses frutos pela primeira vez, no Espírito Santo. Isso demonstra a necessidade de trabalho contínuo e integrado de Ater e pesquisa, para promover a geração de renda no contexto da cadeia produtiva de produtos florestais não madeireiros, com fortalecimento do agricultor e conservação da biodiversidade.



Figura 9. Planta de juçara (*Euterpe edulis*) em floração (A); cacho com frutos maduros (B); frutos acondicionados (C); processo de despolpa (D); e polpa de juçara pronta para o consumo (E).

Estudo experimental com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de palmáceas nativas da Mata Atlântica, incluindo a juçara, foi implementado em uma área em processo de regeneração natural visando o estabelecimento de Área de Preservação Permanente – APP (Figura 10A). Os resultados preliminares demonstraram que a juçara semeada

em sub-bosque, em janeiro 2018, apresentou taxa de germinação de 44,3% após 1 mês da sementeira (Figura 10C), enquanto que guariroba (*Syagrus oleraceae*) (Figuras 10D e E) e jerivá (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman) (Figura 10B) apresentaram taxa de germinação de 41,6% e 11%, respectivamente.



Figura 10. Vista da área do experimento no Projeto Biomas - Mata Atlântica, Sooretama, ES, (A); germinação de jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) (B); desenvolvimento de plântulas de juçara (*Euterpe edulis*) 1 mês após a sementeira (C); semente e plântula de guariroba (*Syagrus oleraceae*) (D) e (E).

Outra pesquisa desenvolvida pelo Incaper em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) foi tema de tese de doutorado, com o objetivo de selecionar genótipos promissores da palmeira-juçara (PEREIRA, 2018). Foram realizadas coletas em 9 fragmentos florestais, com uma amostra de 102 indivíduos e 10.200 frutos maduros em diferentes regiões do Espírito Santo. Para verificar a divergência genética entre genótipos, a pesquisa levou em consideração as seguintes características: produção de frutos, perfil fitoquímico, “domesticação” e fornecimento futuro de material propagativo de qualidade. O resultado dessa seleção gerou um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da juçara, implantado na Fazenda Experimental Engenheiro Agrônomo Reginaldo Conde (FERC), no município de Viana (ao nível do mar), e replicado na Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante (FEVNI) (na Região Serrana).

O cultivo da juçara apresenta um círculo virtuoso sustentável, por fornecer uma variedade de produtos e serviços ambientais e, além disso, os frutos podem ser coletados ano após ano e, após o processamento da polpa, as sementes viáveis podem ser recuperadas e utilizadas para aumentar a população.

Estudos atestam que a juçara necessita sombreamento na fase inicial de desenvolvimento, o qual pode ser reduzido gradativamente até que a planta fique em pleno sol, por volta do terceiro ano de plantio (MARTINS; SOUZA, 2009). Por isso, a produção de juçara em consórcio com outras culturas e em sistema agroflorestal, que permita o sombreamento temporário da cultura, é indicada. Resultados satisfatórios foram obtidos no cultivo de juçara com cacau (NAKAZONO et al., 2001), enquanto que no estudo comparativo de juçara associada com eucalipto e com cedro-australiano, melhores resultados em termos de diâmetro e altura da planta foram obtidos para o consórcio com este último (GODINHO et al., 2014). O potencial da espécie para compor SAF foi enfatizado no estudo realizado na Região Serrana do Espírito Santo, no qual o consórcio com outras espécies, o enriquecimento de

fragmentos florestais e SAF têm sido adotados como a forma de manejo mais comum da palmeira-juçara pelos agricultores (GUIMARÃES; SOUZA, 2017).

CAJÁ-MIRIM (*Spondias mombin*)

O cajá-mirim é também conhecido como taperebá, taperibá, cajá-pequeno, calazeiro-miúdo, acaíba, acajá, acajaíba e imbuzeiro. Pertence à família Anacardiaceae e é amplamente distribuída em regiões da Amazônia e da Mata Atlântica e nas zonas mais úmidas dos estados do Nordeste (LORENZI, 2002). No Espírito Santo, a distribuição geográfica natural do cajá-mirim é bastante ampla, ocorrendo em diferentes bacias hidrográficas, preferencialmente em regiões com bons índices pluviométricos (CEDAGRO/TNC, 2018).

É uma planta caducifólia e, além da abscisão das folhas, flores e frutos, alguns ramos da planta também senescem (PALLARDY, 2008). A árvore mede, em média, entre 20 e 25 m de altura. Seu tronco, ereto com copa em forma de sombrinha, é revestido de uma casca muito grossa e pode chegar a medir de 40 a 60 cm de diâmetro. As folhas são compostas e as flores são melíferas, esbranquiçadas, muito pequenas em inflorescências. A reprodução é por autopolinização. O fruto é uma drupa de 3 a 6 cm de comprimento, com cor variando do amarelo ao alaranjado quando maduro, de casca fina, suculento e de sabor adocicado a ácido. A planta produz madeira que é apropriada para marcenaria e carpintaria e é utilizada para a construção de pequenas embarcações (PALLARDY, 2008).

A planta é rica em polifenóis e suas folhas vêm sendo utilizadas por suas propriedades antiviróticas, notadamente contra o vírus do herpes simples e do herpes doloroso. Os frutos do cajá-mirim possuem alta capacidade antioxidante devido, provavelmente, ao alto teor de carotenoides e componentes fenólicos (SILVA, C. et al., 2014). No entanto, sendo uma planta silvestre e, ainda em processo de domesticação, apresenta significativa variação nas características físicas e químicas dos frutos em decorrência da variabilidade genética, da influência das condições edafoclimáticas e da época de coleta dos frutos (GRECO; PEIXOTO; FERREIRA, 2014).

Limitações para a produção comercial do cajá-mirim estão relacionadas com o elevado porte da planta, a longa fase juvenil das plantas obtidas de sementes, a baixa capacidade de enraizamento e o lento desenvolvimento das plantas obtidas de estaca, as quais indicam a necessidade de investimentos em programas de melhoramento genético (SOUZA et al., 2012; LEITE; MARTINS; RAMOS, 2003). O cajá-mirim está entre as espécies indicadas para compor sistemas silvopastoris na Amazônia, considerando o seu potencial de uso múltiplo e a sua resistência ao fogo (SANTOS; MITJA, 2011).

ARAÇAÚNA (*Psidium myrtilloides* O. Berg)

A aracaúna, também conhecida como araçá-preto, é pertencente à família Myrtaceae. Sua ocorrência se concentra na bacia do rio Paraná e em toda a extensão da Mata Atlântica do Estado do Espírito Santo ao Estado do Rio Grande do Sul. As plantas podem atingir de 2 a 6 m de altura. Os frutos apresentam forma arredondada e podem chegar a 3 cm de diâmetro. A coloração da casca chega a quase negro em seu estágio máximo de maturação, sugerindo uma fonte relevante tanto de antocianinas como de carotenoides, considerados promotores da saúde humana (CERESINO, 2012). No Estado do Espírito Santo, a aracaúna é utilizada atualmente na indústria de sorvetes e na fabricação de produtos artesanais, como licores e geleias, podendo também ser consumida *in natura*, com grande potencial para a geração de renda nas propriedades rurais.

OUTRAS ESPÉCIES

Podem-se mencionar outras espécies nativas da Mata Atlântica com potencial ecológico e econômico para a composição de SAF. No âmbito do Projeto Biomas, espécies nativas da Mata Atlântica como a aracaúna e a pitanga, vêm se mostrando como alternativa viável de renda integradas aos processos produtivos sustentáveis como SAF. Áreas de cultivo em mosaicos, diversificados e com arranjos mais amigáveis com o meio ambiente, em conjunto com biotecnologia e o desenvolvimento de novos processos e produtos e com seleção e melhoramento

genético dessas espécies selvagens, podem evidenciar o grande potencial de utilização pelos agricultores familiares, visando segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e financeira.

SUSTENTABILIDADE FINANCEIRA

A sustentabilidade financeira do SAF implantado no Projeto Biomas foi testada por meio da utilização da planilha de análise financeira de sistemas produtivos integrados desenvolvida por Arco-Verde e Amaro (2014). A planilha é uma ferramenta que permite o cálculo do fluxo de caixa detalhado a partir dos indicadores econômicos: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Anual Equivalente (VAE), Tempo de Retorno do Investimento (Payback) e Relação Benefício/Custo (RB/C). Os resultados dos indicadores econômicos foram obtidos por meio dos custos e receitas gerados no processo de implantação e manutenção do sistema, considerando os períodos de 10 e 20 anos para o caso do SAF do Projeto Biomas. Levou-se em consideração a taxa de desconto de 6,5%.

A análise financeira considerou apenas os produtos com valor monetário estabelecido no mercado e não contemplou as demais vantagens advindas da natureza interativa dos SAF, como os serviços ambientais, por exemplo. Considerou-se a produção de lenha e estacas geradas a partir do manejo das espécies arbóreas nativas, mas não a extração de madeira, já que o experimento trata de um projeto de restauração ambiental com vistas à implantação de reserva legal.

Os coeficientes técnicos específicos para cada cultura foram obtidos a partir do levantamento de dados em campo durante os 2 primeiros anos de implantação do sistema. Os coeficientes técnicos relacionados com as receitas foram calculados de acordo com a média da produção de cada cultura nos três blocos implantados na área do experimento. Para as espécies que produzem a partir desse período, foram feitas entrevistas com agricultores e técnicos da região e revisão de literatura. Os coeficientes técnicos relacionados com os custos de mão de obra foram determinados com base no tempo necessário

para realizar cada uma das atividades, como plantio, manejo e colheita das culturas no período estabelecido para a avaliação. Os custos de mão de obra por dia e de hora/máquina foram definidos com base na média dos valores pagos na região (R\$ 60,00 homem/dia, R\$ 80,00 hora/equipamento e R\$ 120,00 hora/máquina). Para os insumos, foram calculadas as quantidades necessárias de mudas, fertilizantes, ferramentas, equipamentos de proteção individual, entre outros produtos. Os custos de preparo da área, comuns para todas as culturas, foram proporcionalmente distribuídos entre as espécies considerando a quantidade de plantas por hectare e a permanência delas no sistema.

Os dados financeiros utilizados revelaram que o sistema tem baixo desempenho financeiro com VPL e VAE negativos, sendo R\$ 7.770,88 ha⁻¹ e R\$ 1.080,97 ha⁻¹ para os 10 primeiros anos do projeto. No entanto, para os 10 anos seguintes, os indicadores passaram a ser positivos com VPL de R\$ 5.820,42 ha⁻¹ e VAE de R\$ 528,24 ha⁻¹. Para que o projeto fosse viável, a TIR deveria ser de valor superior à taxa de desconto exigida pelo investimento, mas foi calculada em -3,9% e 5,6% para os períodos de 10 e 20 anos, respectivamente, enquanto que a taxa de desconto foi estabelecida como de 6,5%. O tempo para recuperar o investimento inicial foi de 17 anos para os respectivos períodos. A RB/C que deveria ser superior a 1 para que o projeto fosse economicamente

viável resultou em 0,8 e 1,1 para os períodos avaliados de 10 e 20 anos, respectivamente (Tabela 3).

A análise financeira demonstrou que os custos de implantação do sistema foram os principais responsáveis pelo fluxo de caixa negativo nos 2 primeiros anos do projeto (Figura 11). Além disso, a análise indicou, que no período entre meados do quinto e final do oitavo ano, o fluxo de caixa foi negativo já que a produção de frutíferas, látex, lenha e estacas não foi suficiente para superar os custos de produção. Esse *deficit* associado aos custos de implantação impactaram negativamente a viabilidade financeira do sistema nos 10 primeiros anos do projeto (Tabela 4). O incremento no fluxo de caixa ocorre a partir do décimo primeiro ano e se estabiliza a partir do décimo quarto ano (Figura 11).

Tabela 3. Resultado dos indicadores de desempenho financeiro

Indicadores financeiros	Unidade	Período	
		10 anos	20 anos
TMA	%	6,5	6,5
VPL	R\$ ha ⁻¹	-7770,88	5820,42
VAE	R\$ ha ⁻¹	-1080,97	528,24
TIR	%	-3,9	5,6
Payback	anos	14	14
RB/C		0,8	1,1

Nota: TMA - Taxa Mínima de Atratividade (%); VPL - Valor Presente Líquido (R\$ ha⁻¹); VAE - Valor Anual Equivalente (R\$ ha⁻¹); TIR - Taxa Interna de Retorno (%); Payback - Tempo de retorno do investimento (anos); e RB/C - Relação Benefício/Custo para os períodos de 10 e 20 anos de avaliação financeira do sistema.

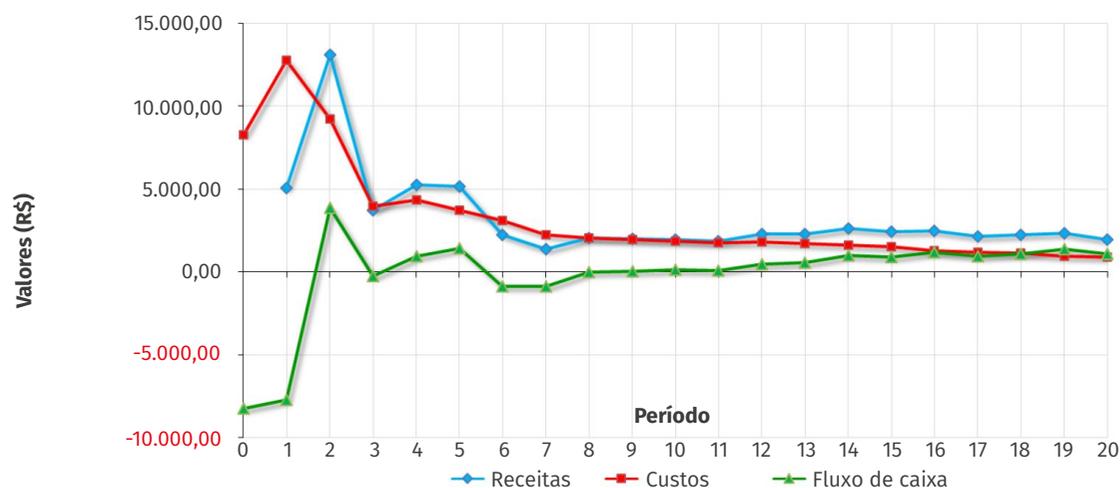


Figura 11. Fluxo de caixa, receitas e custos do SAF para o período de 20 anos.

Embora o objetivo principal do projeto seja de recuperação da área de Reserva Legal, espera-se que ele seja implementado com o mínimo custo e máxima geração de renda durante o processo de recomposição da vegetação. Nesse sentido, uma estratégia para minimizar os custos de implantação do sistema seria a intensificação da produção de culturas anuais durante os 2 primeiros anos. Em outro estudo, agricultores identificaram que os cultivos anuais contribuíram tanto para o retorno parcial do investimento inicial em curto prazo, como para o consumo das famílias, diversificação dos produtos e melhoria da propriedade (MERCER et al., 2005). A análise dos custos e receitas totais por componente do sistema demonstrou que, embora a mandioca, o abacaxi e o milho tenham apresentado custos menores que as receitas, o feijão produzido em uma única safra teve custos de produção 19%

maiores que as receitas geradas (Figura 12). A simulação do aumento da produção de feijão com duas safras ao ano durante 2 anos resultou em um aumento de 44% nas receitas em relação aos custos de produção.

A análise dos custos e receitas totais por componente demonstrou ainda que o cajá-mirim, devido a sua alta produtividade, foi o produto que proporcionou maiores ganhos com R\$ 40.082,00 correspondentes a 30,8% do total das receitas do sistema com custos de produção no valor de R\$ 9.040,88, enquanto que a seringueira foi a que apresentou maior impacto negativo nos resultados. A seringueira contribuiu com R\$ 26.865,00 correspondentes a 20,6% das receitas, enquanto as despesas com mão de obra e insumos foram de R\$ 22.584,00 e de R\$ 6.380,92, respectivamente. A escala de produção pode ter tido influência no alto custo com mão de obra.

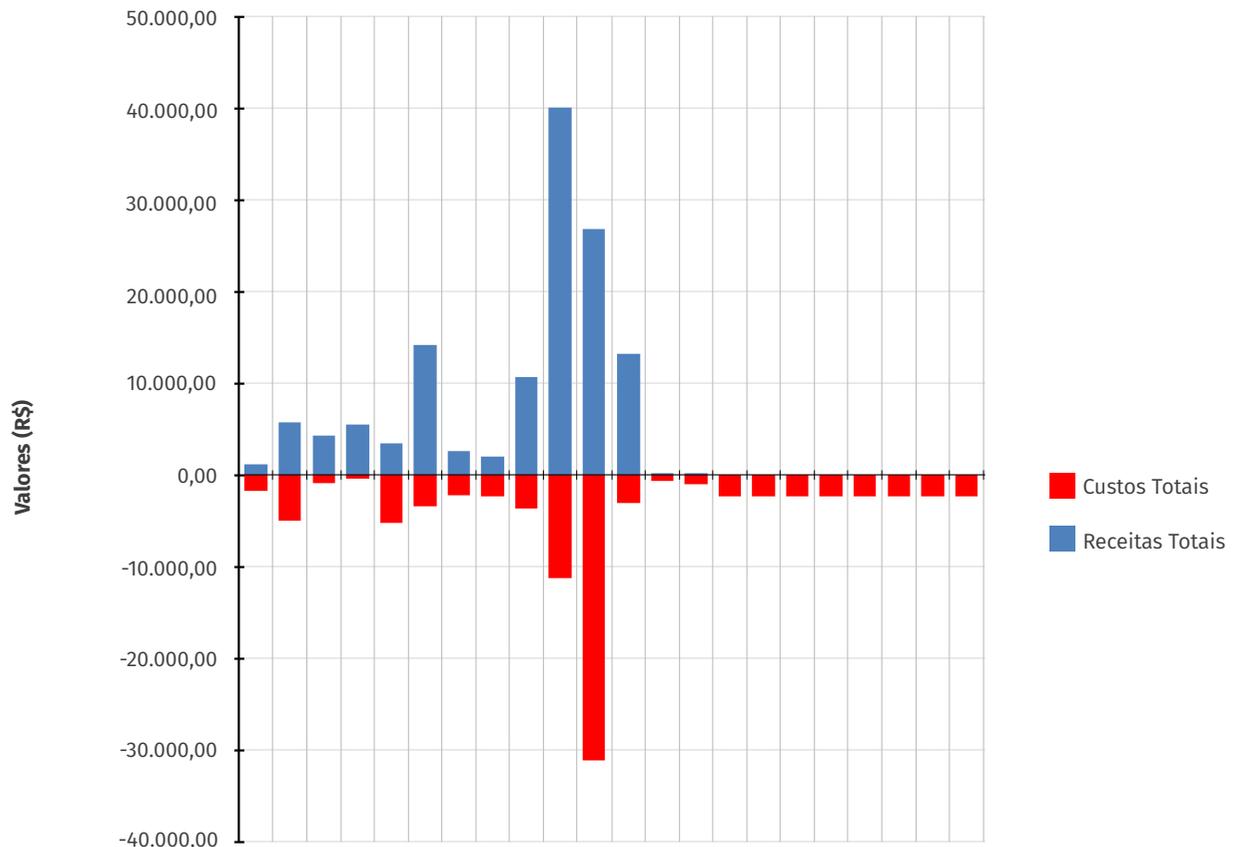


Figura 12. Custos e receitas totais dos componentes do SAF.

Uma opção para reduzir o alto custo de produção do sistema poderia ser a substituição da seringueira pela pupunheira (*Bactris gasipaes*), por exemplo, espécie de uso múltiplo, altamente adaptável e produtiva e com forte potencial de mercado. A pupunheira apresenta potencial para integrar sistemas agroflorestais e processos de restauração de áreas degradadas (GRAEFE et al., 2013; LIEBEREI et al., 2000). A sua inclusão com o objetivo de produção continuada de palmito (perfilho) e frutos a partir do segundo e do terceiro ano, respectivamente, poderia contribuir para redução do fluxo de caixa negativo nos primeiros 10 anos do projeto. A simulação do sistema com a inclusão da pupunheira resultou em percentuais similares em termos de receitas a partir da produção de fruto e palmito, mas apresentou custos de produção 69% e 71% menores para fruto e palmito, respectivamente, quando comparado com os custos da seringueira.

Frutíferas perenes como o jenipapo e a sapucaia tiveram um bom desempenho e contribuíram com R\$ 10.672,00 e R\$ 13.240,00 para as receitas, com custos de produção de R\$ 2.828,12 e R\$ 2.266,14, respectivamente, os quais reforçaram o balanço financeiro positivo obtido no período de 10 a 20 anos do projeto. Entre as espécies semiperenes, cabe destacar o desempenho financeiro do urucum com rendimentos de R\$ 14.200,00 e com custo de produção relativamente baixo de R\$ 2.816,20 incluindo insumos e mão de obra.

A análise financeira permite o planejamento do sistema com a identificação das fragilidades e a indicação da necessidade de intervenção, como por exemplo, a substituição de espécies de baixo retorno financeiro por outras com maior produtividade, redução no custo de produção e rentabilidade ao longo do tempo. A análise financeira realizada antes do processo de implantação possibilita a redução de riscos e o alcance da viabilidade financeira do sistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização das espécies da Mata Atlântica na composição dos SAF possibilita conciliar a con-

servação dos recursos genéticos do bioma, diversidade de produtos, proporcionando segurança alimentar para as famílias, com ganhos econômicos para os agricultores. O uso das espécies nativas em sistemas integrados de produção contribuiu também para gerar coeficientes técnicos das culturas utilizadas no período de avaliação, nas condições ambientais estudadas.

Sendo o SAF um projeto de médio/longo prazo, devem ser levados em consideração a aptidão das espécies, o perfil genético, o uso de materiais superiores que possam garantir maior produtividade e que possam ser recomendados para o ambiente e para o mercado de produtos naquela região.

Maior ênfase deve ser dada a pesquisas direcionadas à geração de produtos inovadores a partir de espécies da Mata Atlântica de forma a promover uso múltiplo das essências nativas e ampliar as possibilidades de mercado e de valorização da biodiversidade.

O método de avaliação financeira utilizado proporcionou um marco flexível e adaptável a diferentes SAF, mesmo os considerados mais complexos, com uma abordagem integrada de dados relativos aos custos e receitas, tendo em conta o tempo de permanência, a densidade e o manejo das diversas espécies utilizadas.

A avaliação financeira possibilitou identificar a dinâmica de custos e receitas referentes a cada cultura ao longo do tempo. Os resultados permitem fazer ajustes no arranjo, manejo e na seleção de espécies mais adequadas para o alcance da viabilidade financeira do SAF e sustentabilidade do sistema. O modelo obtido pode ser replicado com êxito em outras propriedades rurais e pode contribuir para promover a agricultura sustentável na região.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Terra e Fazenda Cupido pelo apoio na realização do experimento. À Embrapa, ao BNDES, à CNA, à Seag e ao Incaper que, por meio do Projeto Biomass, financiaram a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALARCON, G. G.; CAPORAL, D. S.; BELTRAME, A. V.; KARAM, K. F. Transformação da paisagem e o uso dos recursos florestais na agricultura familiar: um estudo de caso em área de Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 369-379, 2011.
- ALAVALAPATI, J. R. R.; MERCER, D. E.; MONTANBAUT, J. R. Agroforestry systems and valuation methodologies. In: ALAVALAPATI, J. R. R.; MERCER, D. E. (Ed.). **Valuing agroforestry systems: methods and application**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. p. 1-8.
- AGUIAR, F. A.; SCHAEFER, S. M.; LOPES, E. A.; TOLEDO, C. B. **Produção de mudas de palmito-juçara *Euterpe edulis* Mart.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2002. 16 p. (Folheto técnico).
- ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. **Análise financeira de sistemas produtivos integrados**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 74 p.
- BARAZETTI, V. M.; SCCOTI, M. S. V.; LIMA, M. A. C.; SOUZA, J. P. F.; CURVELO, K. B.; LOBÃO, D. E. P. Arboreto do Ceplac – espécies arbóreas potenciais ao sistema agrossilvicultural cacauero. **Unoesc & Ciência** – ACET, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 31-46, 2011.
- BIJARPAS, M. M.; SHAHRAJI, T. R.; LIMAEI, S. M. Socioeconomic evaluation of agroforestry systems (Case study: Northern Iran). **Journal of Forest Science**, v. 61, n. 11, p. 478-484, 2015.
- CARVALHO, I. M. M.; QUEIROS, L. D.; BRITO, L. F.; SANTOS, F. A.; BANDEIRA, A. V. M.; SOUZA, A. L.; QUEIROZ, J. H. Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) da região da Zona da Mata Mineira. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 971-977, 2012.
- CARVALHO, C. S.; GALETTI, M.; COLEVATTI, R. G.; JORDANO, P. Defaunation leads to microevolutionary changes in a tropical palm. **Scientific Reports**, v. 6, ago. 2016.
- CASTRO, A. A.; MANESCHY, R. Q.; OLIVEIRA, I. K. S.; GUIMARÃES, T. P.; COSTA, K. C. G. Sobrevivência de espécies madeiráveis em sistema agrossilvipastoril em São Domingos do Araguaia, PA. **Agroecossistemas**, v. 3, n. 1, p. 111-115, 2011.
- CEDAGRO/TNC. **Análise de mercado potencial de espécies florestais nativas do Estado do Espírito Santo**. Documento Síntese. Centro de Desenvolvimento do Agronegócio/ The Nature Conservancy, Vitória, ES, 2018. 9 p.
- CERESINO, E. B. **Araçuaína**: fonte não explorada de pigmentos. 2015. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2012.
- CHIAMOLERA, L. B.; ÂNGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR. **Revista Floresta**, Curitiba, Paraná, v. 41, n. 4, p. 765-778, 2011.
- GODINHO, T. O.; GUIMARÃES, L. A. O. P.; SOUZA, R. G. de; DAN, M. L. Intensificação ecológica de consórcios de eucalipto e cedro australiano com palmeira juçara para produção de produtos madeireiros e não madeireiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL, 3., 2014, Vitória. **Anais...** Vitória: Cedagro, 2014. 1 CD.
- GOMES, R. B. de A.; SOUZA, E. S.; BARRAQUI, N. S. G.; TOSTA, C. L.; NUNES, A. P. F.; SCHUENCK, R. P.; RUAS, F. G.; VENTURA, J. A.; FILGUEIRAS, P. R.; KUSTER, R. M. Residues from the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolia* Raddi) processing industry: Chemical profile and antimicrobial activity of extracts against hospital bacteria. **Industrial Crops and Products**, 2019. In Press.
- GUIMARÃES, L. A. O. P.; SOUZA, R. G. **Palmeira juçara**: patrimônio natural da Mata Atlântica no Espírito Santo. Vitória: Incaper, 2017. 68 p.
- GRAEFE, S.; DUFOUR, D.; VAN ZONNEVELD, M.; RODRIGUEZ, F.; GONZALEZ, A. Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. **Biodiversity Conservation**, v. 22, p. 269-300, 2013.
- GRECO, S. M. L.; PEIXOTO, J. R.; FERREIRA, L. M. Avaliação física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no distrito federal. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 360-370, 2014.
- IADEROZA, M.; BALDINI, V. L. S.; DRAETTA, S. E. BOVI, M. L. A. Antocyanins from fruits of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) and Juçara (*Euterpe edulis* Mart.). **Tropical Science**, New York, v. 32, p. 41-46, 1992.
- IBGE. **Agricultura familiar ocupava 84,4% dos estabelecimentos agropecuários**. 2009. Disponível em: <agenciadenoticias.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 maio 2019.
- INCAPER. **Boletim Agroclimático de Sooretama**. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/boletim-agrometeorologico-dados?estacao=sooretama_inc.xls&municipio=sooretama>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- LEITE, J. B. V.; MARTINS, A. B. G.; RAMOS, J. V. Avaliação preliminar de clones de cajazeira (*Spondias mombin* L.) no Sul da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: SBMP, 2003.

LIEBEREI, R.; GASPAROTTO, L.; PREISINGER, H.; SCHROTH, G.; REISDORFF, C. Characteristics of Sustainable polyculture production systems on Terra Firme. In: LIEBEREI R.; BIANCHI, H-K., BOEHM, V.; REISDORFF C. (Ed.). **Neotropical Ecosystems: proceedings of the German-Brazilian Workshop**. Hamburg: GKSS, Forschungszentrum Geesthacht, 2000. pp 653-660.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2, 2002. 368 p.

MARTINELLI, G.; VALENTE, A. S. M.; MAURENZA, D.; KUTSCHENKO, C.; JUDICE, D. M.; SILVA, D. S.; FERNANDEZ, E. P.; MARTINS, E. M.; BARROS, F. S. M.; SFAIR, J. C.; SANTOS FILHO, L. A. F.; ABREU, M. B.; MORAES, M. A.; MONTEIRO, N. P.; PIETRO, P. V.; FERNANDES, R. A.; HERING, R. L. O.; MESSINA, T.; PENEDO, T. S. A. Avaliação de risco de extinção de espécies da flora brasileira. In: MARTINELLI, G. E.; MORAES, M. A. (Ed.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. p. 60-84.

MARTINS, S. V.; SOUZA, M. N. **Cultivo do palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart.)**: produção de palmito e restauração florestal. Viçosa: Aprenda Fácil, 2009. 107 p.

MERCER, D. E.; HAGGAR, J.; SNOOK, A.; SOSA, M. Agroforestry Adoption in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico. **Small-scale Forest Economics, Management and Policy**, v. 4, n. 2, p.163-184, 2005.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEIER, C. G.; ROBLES, G. P. Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Mexico City: CEMEX, 1999. 431 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cadeias de Valor da Sociobiodiversidade no Corredor Central da Mata Atlântica (Bahia e Espírito Santo)**. Projeto Corredores Ecológicos, 2014. 149p.

NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C.; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 173-179, 2001.

NEVES, E. J. M.; SANTOS, A. M.; GOMES, J. B. V.; RUAS, F. G.; VENTURA, J. A. **Cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para produção de pimenta-rosa**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2016. 24 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 294)

PADOVAN, M. P.; CORTEZ, V. J.; NAVARRETE, L. F.; NAVARRETE, E. D.; DEFFNER, A. C.; CENTENO, L. G.; MUNGUÍA, R.; BARRIOS, M.; VILCHEZ-MENDOZA, J. S.; VEGA-JARQUÍN, C.; COSTA, A. N.; BROOK, R. M.; RAPIDEL, B. Root distribution and water use in coffee shaded with *Tabebuia rosea* Bertol. and *Simarouba glauca* DC. compared to full sun coffee in sub-optimal environmental conditions. **Agroforestry Systems**, v. 89, n. 5, p. 857-868, 2015.

PADOVAN, M. P.; BROOK, R. M.; BARRIOS, M.; CRUZ-CASTILLO, J. B.; VILCHEZ-MENDOZA, S. J.; COSTA, A. N.; RAPIDEL, B. Water loss by transpiration and soil evaporation in coffee shaded by *Tabebuia rosea* Bertol. and *Simarouba glauca* dc. compared to unshaded coffee in sub-optimal environmental conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p.1-14, 2018.

PALLARDY, S. G. **Physiology of Woody Plants**. 3. ed. California: Academic Press, 2008. 454 p.

PEREIRA, P. M. **Caracterização da variabilidade genética de *Euterpe edulis* (arecaceae) do Espírito Santo para a produção de frutos**. 2018. 113 f. Tese (doutorado em Biologia Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo – Ufes, Centro de Ciências Humanas e Naturais. 2018.

PINTO, S. R.; MELO, F.; TABARELLI, M.; PADOVESI, A.; MESQUITA, C. A.; SCARAMUZZA, C. A. M.; CASTRO, P.; CARRASCOSA, H.; CALMON, M.; RODRIGUES, R.; CÉSAR, R. G.; BRANCALION, P. H. S. Governing and delivering a biome-wide restoration initiative: the case of Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. **Forests**, v. 5, p. 2212-2229, 2014.

POLESE, A. A. V.; CARDOSO, P.; MAZUCO, R.; MACEDO, L.; BARROSO, M. E. S.; BARATELLA, W.; VENTURA, J. A.; PIMENTEL, E.; PEREIRA, T. M. C.; ENDRINGER, D. Neoprotective activity of the enriched polyphenol extract of *Euterpe edulis* Martius. In: BRAZILIAN CONFERENCE ON NATURAL PRODUCTS, 6., 2017, Vitória. **Anais...Vitória: Ufes**, 2017.

PUMARIÑO, L.; SILESHI, G. W.; GRIPENBERG, S.; KAARTINEN, R.; BARRIOS, E.; MUCHANE, M. N.; MIDEGA, C.; JONSSON, M. Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: A meta-analysis. **Basic and Applied Ecology**, v. 16, n. 7, p. 573 – 582, 2015.

RIBEIRO, L. O.; MENDES, M. F.; PEREIRA, C. S. S. Avaliação da Composição Centesimal, Mineral e Teor de Antocianinas da Polpa de Juçai (*Euterpe edulis* Martius). **Revista Eletrônica TECEN**, Vassouras, v. 4, n. 2, p. 5-16, 2011.

RUAS, F. G. **Seleção de Genótipos, Manejo e Perfil Químico de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) no Estado do Espírito Santo**. 142 f, 2016. Tese (mestrado em Biologia Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Ufes, Espírito Santo. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2719/1/BRTselecaodegenotiposmanejoepperfilquimicodearoeria.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

RUAS, F. G.; VENTURA, J. A.; MAIA, I. F.; SUTIL, D. C.; NEVES, E. J. M.; GOMES, J. B. V. Comportamento da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) em condições extremas de estresse hídrico. In: CONGRESSO FLORESTAL LATINO-AMERICANO, 7., 2018, Vitória. **Anais... Vitória (ES): Conflat**, 2018. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/conflat/94986>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SALES, M. D. C.; SARTOR, E. de B.; GENTILLI, R. M. L. Etnobotânica e Etnofarmacologia: Medicina Tradicional e Bioprospeção de Fitoterápicos. **Salus J. Health Sci.** v. 1, n. 1, p. 17-26, 2015.

SALES, M. D. C. **Avaliação e caracterização de insumos bioativos da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) com potencial econômico para o desenvolvimento tecnológico de bioprodutos.** 2013. 134 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Vitória, 2013.

SANTOS, A. M.; MITJA, D. Pastagens arborizadas no projeto de assentamento Benfica, município de Itupiranga, Pará, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 4, p. 919-930, 2011.

SANTOS, N. K. F.; MANESCHY, R. Q. Avaliação de espécies madeireiras em sistemas agroflorestais familiares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 9., 2015. **Cadernos de Agroecologia**, Belém, v. 10, n. 3, 2015.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity Conservation**, v. 24, p. 2319-2331, 2015.

SILVA, P. P. M.; CARMO, L. F.; SILVA, G. M.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; CASEMIRO, R. C.; SPOTO, M. H. F. Physical, chemical, and lipid composition of juçara (*Euterpe edulis* Mart.) pulp. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 24, p. 1-7, 2013.

SILVA, C. A.; COSTA, P. R.; DETONI, J. L.; ALEXANDRE, R. S.; CRUZ, C. D.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R. Divergência genética entre acessos de cajazinho (*Spondias mombin* L.) no norte do Espírito Santo. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, 2014.

SILVA, N. A. da; RODRIGUES, E.; MERCADANTE, A. Z.; ROSSO, V. V. de. Phenolic Compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic Forest. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 22, p. 5072-5084, 2014.

SOUZA, F. X.; COSTA, J. T. A.; COELHO, E. L.; MAIA, A. H. N. Comportamento vegetativo e reprodutivo de clones de cajazeira cultivados na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 293-300, 2012.

SOUZA, A. S.; MARGALHO, L.; PRANCE, G. T.; GURGEL, E. S. C.; GOMES, J. I.; CARVALHO, L. T.; SILVA, R. C. V. M. **Conhecendo Espécies de Plantas da Amazônia:** Sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. – Lecythidaceae). Belém: Embrapa, 2014. (Comunicado Técnico, 250).

VENTURA, J. A.; RUAS, F. G.; GERHARDT, N. S.; NEVES, E. J. M.; GOMES, J. B. V.; SANTOS, A. M.; KUSTER, R. M. **Estádios de maturação e qualidade dos frutos da aroeira.** Vitória, ES: Incaper, 2018. 6 p. (Documentos, 259).

VIVAN, J. L. **Redes de conhecimento no âmbito do Projeto PDA:** o papel dos sistemas agro-florestais para usos sustentáveis e políticas públicas relacionadas. Parte I. Relatório Síntese e Estudos de Caso. Estudos PDA: Brasília, 2010.

Bionematicidas contemporâneos: aplicabilidade e importância no manejo de fitonematoides em áreas agrícolas

Inorbert de Melo Lima¹; José Aires Ventura²; Hércio Costa³; Bruna da Silva Arpini⁴; Marlon Vagner Valetim Martins⁵

Resumo - O agronegócio moderno é dinâmico, e a pressão da sociedade no sentido de substituir os nematicidas químicos, altamente tóxicos, por produtos ecologicamente mais sustentáveis tem incentivado a busca de alternativas promissoras no manejo de fitonematoides, menos agressivas ao meio ambiente e ao homem. Os bionematicidas (compostos principalmente por microrganismos) são produtos que vêm sendo considerados como uma das melhores medidas de controle de fitonematoides, dentro de uma abordagem da gestão do manejo integrado, como uma importante ferramenta para assegurar o desenvolvimento sustentável da agricultura. Hoje a tendência mundial nos casos em que há necessidade de controlar os fitonematoides é o uso de produtos à base de microrganismos e adota-se o termo gerenciamento microbiológico do solo e não somente manejo de nematoides, por entender e compreender o papel dos fitonematoides no sistema e a sua coexistência com a microbiota do solo. Esses agentes de biocontrole podem atuar sobre diferentes fases da vida dos fitonematoides, como as fases dentro do ovo, fases móveis no solo ou no interior das raízes. Os fungos e as bactérias são os microrganismos prioritariamente selecionados como agentes de biocontrole de fitonematoides, estando já disponíveis no mercado brasileiro bionematicidas que apresentam grande potencial para o desenvolvimento de estratégias promissoras no controle integrado das populações de nematoides fitoparasitas em áreas agrícolas do país e do mundo.

Palavras-chaves: Controle biológico. Solo. Microrganismos. Fitopatologia. Gestão microbiológica.

Contemporary bionematicides: applicability and importance in the management of plant parasitic nematodes in agricultural areas

Abstract - Modern agribusiness is dynamic and society's pressure to replace chemical nematicides, which are highly toxic, with environmentally sustainable products has encouraged the search for promising alternatives in the management of phytonematoids less aggressive to the environment and to men. Bionematicides are products of biological origin (mainly with the use of microorganisms) which have been considered as one of the best phytonematoids control alternatives, within an integrated approach to technology management, as an important tool to ensure the sustainable development of agriculture. Today the worldwide trend in which nematodes need to be controlled is the use of microorganism-based products. The term soil microbiological management and not just nematode management is adopted due to the role of phytonematoids in the system and their coexistence with the soil microbiota. These biocontrol agents can act on different phases of phytonematoids' life, such as the phases within the egg, mobile phases in the soil, or within the roots. Fungi and bacteria are the microorganisms primarily selected as bionematicides. They are already available in the Brazilian market and have great potential for the development of promising strategies for integrated control of phytoparasite nematode populations in agricultural areas in Brazil and worldwide.

Keywords: Biological control. Soil. Microorganisms. Plant pathology. Microbial management.

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador do Incaper, inorbert@incaper.es.gov.br

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador do Incaper

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitopatologia, Pesquisador do Incaper

⁴ Bióloga, Bolsista Nível Superior Fapes/Incaper

⁵ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Produção Vegetal/Fitossanidade, Pesquisador Embrapa Agroindústria Tropical

INTRODUÇÃO

Os fitonematoides causam perdas nas principais culturas de importância econômica ou de subsistência em todos os continentes. Em escala global, estima-se que os prejuízos decorrentes da ação desses organismos parasitos de plantas sejam calculados entre 78 bilhões e 125 bilhões de dólares (LOPES; FERRAZ, 2016). Apesar da expressividade desses valores, Sikora et al. (2018) destacam que o impacto negativo que os nematoides parasitas de plantas provocam na produção agrícola nos trópicos ainda é subestimado.

Para reduzir o impacto econômico em toda a cadeia produtiva, o uso de nematicidas químicos sempre correspondeu por décadas a uma das medidas mais utilizadas no controle de fitonematoides, e os princípios ativos desses nematicidas são considerados como extremamente tóxicos, sendo evitados em um número cada vez maior de países em função de contaminação de solo, eliminação da microbiota benéfica e do desenvolvimento de populações de nematoides resistentes (KHALIL, 2013).

A pressão da sociedade no sentido de substituir os nematicidas químicos por produtos ou técnicas ecologicamente mais sustentáveis tem incentivado a busca de alternativas promissoras no manejo de fitonematoides (FERRAZ; SANTOS, 1995). Nesse contexto, o controle biológico (uso de microrganismos) vem sendo considerado uma das melhores alternativas dentro de uma abordagem integrada como uma importante ferramenta para assegurar o desenvolvimento sustentável da agricultura. Há mais de 30 anos, já havia evidências do potencial e das perspectivas de uso dos microrganismos na gestão microbiológica do solo (STIRLING, 1991; DUNCAN, 1991).

GESTÃO DA MICROBIOTA DO SOLO

NEMATOIDES

Os nematoides colonizam com sucesso uma imensa variedade de *habitat*. Muitas espécies são de vida livre, alimentando-se de bactérias ou fungos, enquanto outras são predadoras ou possuem hábitos parasitas (MOURA; FRANZENER, 2017).

No caso dos nematoides parasitas de plantas, comumente referidos como fitonematoides, são principalmente organismos do solo que parasitam raízes de plantas para se alimentar e se multiplicar. Suas estruturas de resistência (ovos/cistos) ficam armazenadas no solo, durante a ausência de hospedeiro suscetível e a simples erradicação da planta infectada não garante a diminuição da sua população no solo e a eliminação do nematoide.

Considerando a ecologia dos nematoides, é importante destacar que o manejo é dependente das características do solo, da fisiologia e estágio fenológico da espécie vegetal e da particularidade de cada espécie. Tudo isso é condicionante ao sucesso do manejo, o qual pode ser abordado com algum método químico ou biológico.

No caso dos bionematicidas, destaca-se que o uso de microrganismos para manejo de fitonematoides está também limitado a uma região externa à planta, próxima às raízes e que corresponde à fase exofítica do parasitismo (Figura 1). O modo de ação dos microrganismos selecionados como bionematicidas é basicamente nos ovos e nas fases infectivas dos nematoides, desde que estes estejam externos às raízes.

A casca dos ovos dos fitonematoides é constituída por três camadas: uma lipídica interna, uma intermediária de quitina e uma vitelina externa. A camada externa e a intermediária são responsáveis por proporcionar força estrutural e impermeabilidade dos ovos, respectivamente. Uma vez que a camada vitelina e a de quitina sejam danificadas, a lipídica torna-se muito suscetível ao dano (GORTARI; HOURS, 2008; KHAN; WILLIAMS; NEVALAINEN, 2004). No caso dos indivíduos infectivos, a cutícula dos nematoides é uma estrutura extracelular complexa, composta principalmente de proteínas, com vestígios de lipídeos e carboidratos, variando entre as espécies e entre os estádios de desenvolvimento dentro de uma espécie (FETTERER; RHOADS, 1993). Nesse contexto, os microrganismos utilizados nos bionematicidas devem ser capazes de produzir enzimas (ex.: quitinases e proteases) como mecanismo de ação (GORTARI; HOURS, 2008; KHAN; WILLIAMS; NEVALAINEN, 2004).

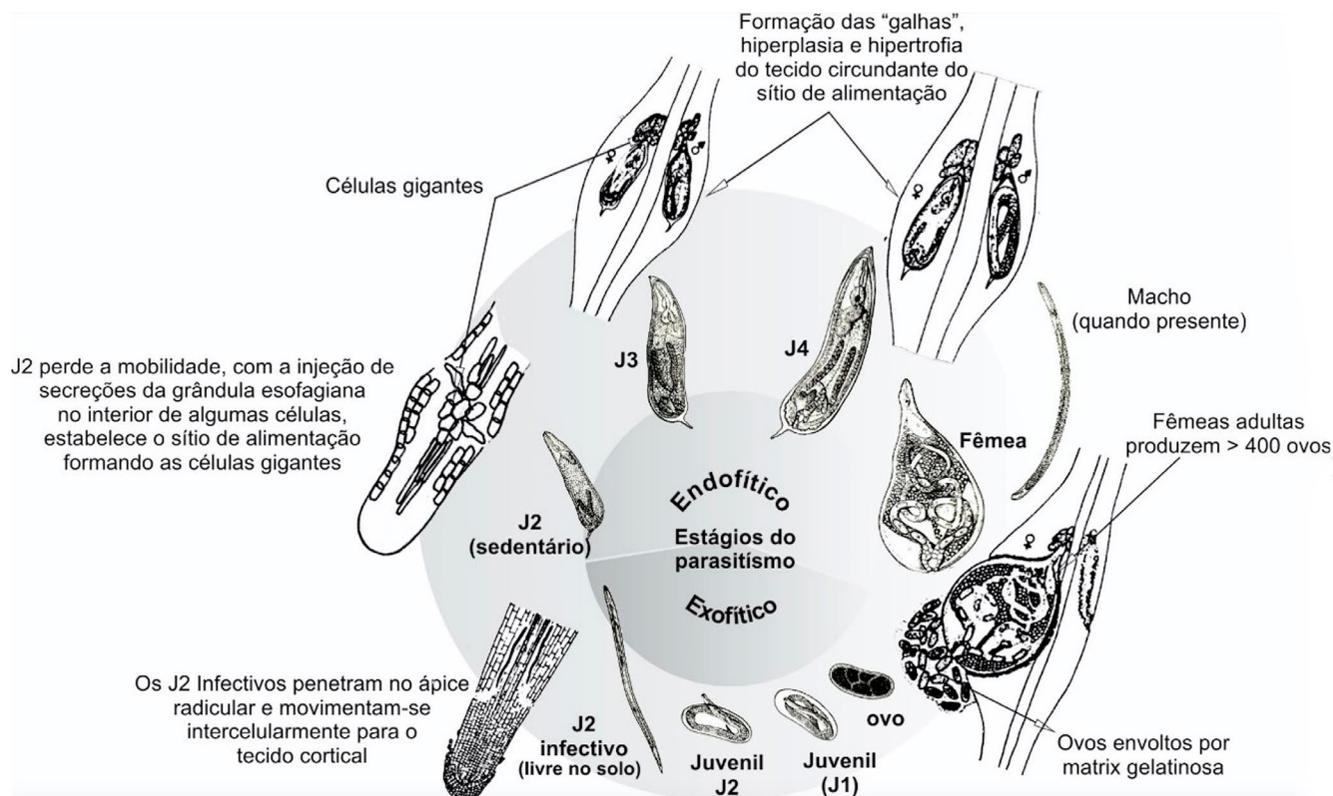


Figura 1. Estágios de parasitismo e ciclo de vida de *Meloidogyne* sp.

RIZOSFERA

Uma das fases do manejo dos fitonematoides ocorre na rizosfera, um ambiente altamente disputado, onde os microrganismos constantemente competem por recursos para sobreviver (SASSE; MARTINOIA; NORTHEM, 2018). O termo rizosfera foi primeiro cunhado por Lorentz Hiltner em 1904 (HARTMANN; ROTHBALLER; SCHMID, 2008) para descrever a zona do solo rica em nutrientes (geralmente de 1 a 3 mm em torno de raízes), onde exsudados radiculares de plantas facilitam a colonização por comunidades microbianas (MORGAN; BENDING; WHITE, 2005). A liberação de uma grande quantidade de açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos junto aos exsudatos radiculares influenciam a comunidade microbiana do solo (BAIS et al., 2004), que por sua vez, altera as propriedades biogeoquímicas do solo (ZOGG; TRAVIS; BRAZEAU, 2018; SASSE; MARTINOIA; NORTHEM, 2018).

Nesse complexo sistema, espécies e até características específicas de genótipos/variedades

de plantas influenciam no microbioma associado à raiz (BERENDSEN; PIETERSE; BAKKER, 2012). As alterações fisiológicas de uma planta em resposta a fatores ambientais podem afetar o microbioma da raiz (SASSE; MARTINOIA; NORTHEM, 2018).

GESTÃO DAS ESTRATÉGIAS DE MANEJO

Independente da área a ser trabalhada (talhão, quadra, estufa, canteiro, etc.), para que se possa elaborar um manejo eficiente dos fitonematoides e concomitantemente evitar que outros fitonematoides se destaquem e venham a se tornar praga-chave, faz-se necessário realizar o diagnóstico correto das espécies presentes e o monitoramento da flutuação populacional das espécies detectadas. Só é possível obter esses resultados em análises nematológicas.

Essa análise clínica subsidiará a tomada de decisão quanto às estratégias a serem adotadas. Em muitas regiões agrícolas, a análise clínica é o principal gargalo do manejo de nematoides, pois a maioria

dos laboratórios ainda realiza a identificação dos nematoides por métodos que apresentam falhas (ex.: identificação de espécie de *Meloidogyne* somente pela região perineal). Atualmente a taxonomia como área do conhecimento está focada no sistema de identificação integrativo, em que diversas ferramentas de análises enzimáticas, moleculares e filogenéticas, associadas aos métodos morfológicos tradicionais, são mais precisas (OLIVEIRA; MONTEIRO; BLOK, 2011).

As populações de nematoides fitoparasitas estão presentes em comunidades mistas junto com nematoides de vida livre e um universo de outros microrganismos. As medidas de manejo têm sido planejadas com foco em uma ou algumas espécies de fitonematoides, o que tem mostrado falhas ao longo do tempo. Assim, é importante entender o solo como um sistema composto de sistemas complexos coexistindo e que o manejo inadequado de um gênero ou espécie pode causar desequilíbrio e proporcionar o surgimento de novos nematoides potencialmente parasitas. Por isso, o termo gestão deve ser empregado.

De um ponto de vista prático, a gestão visa maximizar os lucros selecionando opções de manejos de fitonematoides que proporcionam o aumento na produtividade e, ao mesmo tempo, mantêm baixos os custos dos insumos empregados. As opções de manejo de nematoides devem ser confiáveis, uma vez que existem custos de insumos e, caso a gestão desse manejo apresente falhas na redução da população de nematoides, elas podem acarretar perdas econômicas maiores do que se nenhuma ação fosse adotada.

Até o início deste século, tinham-se a percepção de que a resistência genética da planta hospedeira, as rotações com plantas não hospedeiras e os nematicidas químicos, normalmente, forneciam uma supressão de nematoides mais confiável e eficaz do que o controle biológico (TIMPER et al., 2001). Atualmente, esse entendimento não é mais verdadeiro. Nas décadas passadas, o manejo de população de nematoide era visto apenas sobre

a ótica da sanidade da planta e não na qualidade microbiológica do solo. Hoje adota-se o termo gestão microbiológica e não somente manejo por entender e compreender o papel dos fitonematoides no sistema junto com toda a microbiota existente no solo.

Os microrganismos do solo competem com os nematoides por espaço, alimento e oxigênio, produzem metabólitos tóxicos e parasitam e matam os nematoides. Diversos grupos desses microrganismos interagem entre si, podendo aumentar ou diminuir seus efeitos sobre os nematoides.

A concentração dessas cepas selecionadas no solo é maior onde há disponibilidade de substrato "alimento" para seu crescimento e desenvolvimento. Isso ocorre prioritariamente ao redor das raízes, pois elas liberam nutrientes em seus exsudatos, e alguns microrganismos têm a capacidade de colonizar as raízes sem prejudicá-las. Outros são capazes de sobreviver na matéria orgânica enquanto não parasitam os nematoides. A compreensão do potencial de cada microrganismo disponível se faz necessária para estabelecer uma estratégia de gestão.

AGENTES DE BIOCONTROLE DE NEMATOIDES

A tendência mundial nos casos em que há necessidade de manejar os nematoides é o uso de produtos à base de microrganismos como um dos componentes do manejo integrado. No Brasil, tem havido um aumento dos produtos biológicos que estão registrados (Tabela 1) e, principalmente, disponíveis no mercado (MAPA, 2019). Para a indústria, a escolha de um microrganismo para a elaboração de um produto depende muito da espécie, de seu modo de ação, do(s) seu(s) nematoide(s)-alvo, da facilidade de multiplicação em biofábricas, da formulação e da facilidade de aplicação no campo. Quanto ao modo de ação, esses agentes de biocontrole podem atuar sobre diferentes fases da vida do fitonematoides, como as fases dentro do ovo, fases móveis no solo ou no interior das raízes. Os fungos e as bactérias são os microrganismos prioritariamente selecionados como bionematicidas.

FUNGOS

Na Indústria, os fungos filamentosos são uma das principais fontes de enzimas com finalidades industriais. Entre as muitas enzimas comercialmente disponíveis produzidas por esses fungos, podemos citar: glicoamilases, celulases, proteases, lipases, pectinases, quitinases, lacases, catalases, fitases e dextranases. Apesar do grande número de espécies de fungos filamentosos existentes na natureza, relativamente poucas dezenas dessas espécies são comercial-

mente exploradas como produtoras de enzimas para controle de patógenos de solo (CORRÊA et al., 2014).

Os fungos nematófagos são divididos em quatro grupos: fungos predadores ou formadores de armadilha, fungos endoparasitas, fungos produtores de toxinas e fungos parasitas de ovos e fêmeas de nematoides (JANSSON; LOPEZ-LLORCA, 2001). A utilização de armadilhas é uma estratégia de ataque, na qual os fungos produzem estruturas em forma de anéis, hifas, botões e redes adesivas ao longo do micélio.

Tabela 1. Produtos comerciais registrados no Brasil para controle biológico de nematoides fitoparasitas

Microorganismo	Marca Comercial	Titular de Registro	Formulação ¹	Indicação	Concentração (UFC/mL ou g)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Nemacontrol	Simbiose	SC	TS	5,0 x 10 ⁹
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	No-Nema	Biovalens	SC	Geral	3,0 x 10 ⁹
<i>Bacillus firmus</i>	Andril	Basf	SC	TS	4,8 x 10 ⁹
<i>Bacillus firmus</i>	Andril Prime	Basf	SC	TS	4,0 x 10 ⁹
<i>Bacillus firmus</i>	Oleaje	Basf	SC	TS	4,8 x 10 ⁹
<i>Bacillus firmus</i>	Oleaje Prime	Basf	SC	TS	4,0 x 10 ⁹
<i>Bacillus firmus</i>	Votivo	Basf	SC	SP TS	4,8 x 10 ⁹
<i>Bacillus firmus</i>	Votivo Prime	Basf	SC	TS	4,8 x 10 ⁹
<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i>	Presence	FMC	WP	TS	1,0 x 10 ¹¹
<i>Bacillus licheniformis</i> + <i>B. subtilis</i>	Quartzo	FMC	WP	Geral	1,0 x 10 ¹¹
<i>Bacillus methylotrophicus</i>	Onix	Lab. Farroupilha	SC	Geral	1,0 x 10 ⁹
<i>Bacillus methylotrophicus</i>	Onix OG	Lab. Farroupilha	SC	Geral	1,0 x 10 ⁹
<i>Bacillus subtilis</i>	Biobaci	Biovalens	SC	Geral	1,0 x 10 ⁸
<i>Bacillus subtilis</i>	Rizos	Lab. Farroupilha	SC	Geral/TS	3,0 x 10 ⁹
<i>Bacillus subtilis</i>	Rizos OG	Lab. Farroupilha	SC	Geral/TS	3,0 x 10 ⁹
<i>Pasteuria nishizawae</i>	Clariva PN	Syngenta	SC	TS	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Pasteuria nishizawae</i>	Clariva PN BR	Syngenta	SC	TS	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Pochonia chlamydosporia</i>	Rizotec	Rizoflora/Stoller	WP	Geral	5,2 x 10 ⁷
<i>Purpureocillium lilacinus</i>	Nemakill	Maneogene Agrociências	SL	Geral	1,0 x 10 ⁵
<i>Purpureocillium lilacinus</i>	Nemat	Ballagro	WP	Geral/TS	7,5x 10 ⁹
<i>Purpureocillium lilacinus</i>	Purpureonyd FR 25	TZ Biotech	GE	Geral	6,5 x 10 ⁷
<i>Purpureocillium lilacinus</i>	Unique	Ballagro	WP	Alface	7,5 x 10 ⁹
<i>Trichoderma harzianum</i>	Trichodermil DS	Koppert	WG	TS	1,0 x 10 ⁸

¹SC: Suspensão concentrada; WP: Pó molhável; SL: Concentrado solúvel; GE: Gel emulsiónável; WG: Granulado dispersivo.

Fonte: Mapa (2019).

Segundo Cardoso, Assis e Nahas (2009), os fungos nematófagos endoparasitas possuem a habilidade de penetrar o ovo dos nematoides com suas hifas e, no interior do ovo, expandem seu volume. Já os fungos de juvenis ou adultos de nematoides produzem hifas férteis e esporos no corpo dos nematoides e, nesse caso, o nematoide transforma-se em substrato alimentar. Na antibiose, o fungo produz uma ou mais substâncias que inibem o crescimento ou a reprodução do nematoide no ambiente ou na planta (LUCON; CHAVES; BACILIERIS, 2014).

Considerando a eficiência no controle de fitonematoides, a facilidade industrial de multiplicação e a adequada formulação com garantia de vida útil industrial e comercial, três gêneros de fungos se destacam e, portanto, os mais comumente encontrados em bionematicidas comerciais são *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum* e espécies de *Trichoderma*.

Pochonia chlamydosporia Zare & Gams (syn. *Verticillium chlamydosporium* Goddard) é um fungo que tem sido eficiente na redução de população de nematoides, especialmente os nematoides das galhas (MOOSAVI et al., 2010; DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2012). Seu principal modo de ação contra os nematoides é o parasitismo de ovos e fêmeas. Porém, sua produção de enzimas e toxinas que alteram os exsudatos radiculares também são fatores que afetam negativamente os nematoides. *P. chlamydosporia* é um parasita facultativo, amplamente distribuído e capaz de atuar tanto como saprófita no solo (SIDDIQUI; ATKINS; KERRY, 2009), quanto como parasita de ovos e fêmeas de nematoides (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2012). Além disso, esse fungo também é capaz de colonizar as raízes de uma ampla variedade de plantas monocotiledôneas (LOPEZ-LLORCA et al., 2002) e dicotiledôneas (BORDALLO et al., 2002). Embora existam na literatura inúmeros estudos voltados ao uso do fungo *P. chlamydosporia* como ovicida e larvicida, é importante destacar a excelente capacidade de produção de proteases, quitinases e dextranases (BRAGA et al., 2010; TOBIN et al., 2008; SUFIATE et al., 2018). Além da produção de várias

enzimas, *P. chlamydosporia* tem a capacidade de produzir esporos de parede grossa com reserva nutricional (os clamidósporos), que conferem rusticidade e maior capacidade de competir, sobreviver e se estabelecer em solos com diferentes características físicas, químicas e microbiológicas (KERRY, 1995; HALLMANN; DAVIES; SIKORA, 2009). Embora estudos comprovem variação no potencial do biocontrole entre isolados (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2012), tornam-se importantes os trabalhos preliminares com o intuito de selecionar isolados apropriados para o controle de nematoides (MAUCLINE; KERRY; HIRSCH, 2003).

O fungo pode ser formulado e introduzido no solo como hifas e conídios, mas o clamidósporo é a forma mais prática de inóculo. A aplicação única de 5.000 clamidósporos/grama de solo tropical forneceu controle eficiente de *Meloidogyne* sp., mas na Europa os resultados foram menos satisfatórios (SIKORA, 1992). Na Inglaterra, *P. chlamydosporia* se estabeleceu desde solos calcários a orgânicos, com sobrevivência estimada em até 3 meses após a aplicação. Já na interação com a planta, Medeiros et al. (2015) destaca que a colonização de *P. chlamydosporia* ocorre tanto na superfície quanto no interior das raízes, o que pode desencadear uma indução de resistência, causada pelo aumento de atividade enzimática.

Purpureocillium lilacinum (Thom) Luangsaard, Hywel-Jones, Houbraken, Samson (syn: *Paecilomyces lilacinus*) é um fungo típico do solo (LUANGSA-ARD et al., 2011) e pode ter ação entomopatogênica, micoparásita, saprófita e nematófaga. Assim como *P. chlamydosporia*, é um parasita facultativo de ovos.

Esse fungo possui ótimos atributos como agente de biocontrole de nematoides (ADIKO, 1984), além de parasitar ovos de *Meloidogyne* spp., pode infectar fêmeas jovens do nematoide de galhas e fêmeas de nematoides dos cistos (MORGAN-JONES; WHITE; RODRIGUEZ-KÁBANA, 1984; DUBE; SMART, 1987; KHAN; WILLIAMS; NEVALAINEN, 2006), além de exercer forte pressão na sua capacidade reprodutiva devido à infecção e, posteriormente, causar a morte do nematoide.

Purpureocillium lilacinum destaca-se por causar infecção em muitas espécies de insetos e nematoides, e alguns pesquisadores o considera tão eficiente quanto os nematicidas químicos comumente empregados na agricultura (DUBE; SMART, 1987; MENDOZA; SIKORA; KIEWNICK, 2007). Essa versatilidade e plasticidade adaptativa possibilitou o desenvolvimento de muitos produtos comerciais no Brasil (Tabela 1) e no mundo.

O gênero *Trichoderma* spp. é amplamente distribuído mundialmente e apresenta a capacidade de crescimento saprofítico na rizosfera, o que é importante na prevenção e controle de agentes patogênicos, como os fitonematoides (AMIR-AHMADI; MOOSAVI; MOAFPOURIAN, 2017), *T. longibrachiatum* (DJIAN et al., 1991), *T. viride* (ZHANG, S.; ZHANG, X., 2009), *T. harzianum* (SIDDIQUI; SHAUKAT, 2004), *T. hamatum* (GIRLANDA et al., 2001), *T. virens* (MEYER et al., 2001), *T. compactus* (YANG et al., 2010) e *T. koningii* (SANKARANARAYANAN et al., 1997) são as espécies que se destacam com mais atividade nematicida.

O fungo *Trichoderma* spp. utiliza eficientemente o local no qual está inserido através da alta capacidade de secreção de metabólitos e enzimas antibióticas (SCHUSTER; SCHMOLL, 2010), responde rapidamente aos variados estímulos do ambiente, como a luminosidade e temperatura e possui habilidade de se desenvolver numa ampla faixa de pH do solo (CARRERASVILLASENOR; SANCHEZ-ARREGUIN; HERRERA-ESTRELLA, 2012) e ainda assim reduzir populações de fitonematoides no solo (HAMZA et al., 2017; JINDAPUNNAPAT; CHINNASRI; KWANKUAE, 2013).

Indiscutivelmente, as já comprovadas habilidades de antagonismo, competição, micoparasitismo, produção de metabólitos tóxicos e produção de enzimas extracelulares classificam o gênero *Trichoderma* como um dos mais promissores e potenciais grupos de microrganismo com propriedades de controle sob fitonematoides (HARMAN, 2006; LI et al., 2007; SCHUSTER; SCHMOLL, 2010; MARTÍNEZ-MEDINA et al., 2017). Além disso, *Trichoderma* pode induzir resistência sistêmica nas

plantas, tornando-as mais fortes contra o ataque de patógenos (HADDAD, 2017). A capacidade do *Trichoderma* spp. em degradar quitina permite a sua aplicação no controle de fitonematoides (GALBIERI; ASMUS, 2016).

Essa habilidade é uma das principais armas do *Trichoderma* spp., pois a quitina é o principal constituinte do ovo de fitonematoides (MACHADO; KANEKO; PINTO, 2016). A maioria dos artigos publicados sobre a utilização de espécies de *Trichoderma* na agricultura relatam um significativo controle de *Meloidogyne* spp. Zhang, Gan e Xu (2015) apontam que o uso de *Trichoderma* contribui para diminuir a massa de ovos de *Meloidogyne* e essas constatações corroboram os resultados de Al-Hazmi e Tariqjaveed (2016) e Jindapunnapat, Chinnasri e Kwankuae (2013) que observaram redução na reprodução do fitonematóide (ovos, J2) e no número de nematoides nas raízes, respectivamente.

Além do controle biológico, a interação das espécies de fungos do gênero *Trichoderma* com a planta promove outras vantagens, como uma maior resistência aos patógenos; aumento da eficiência fotossintética; elevada absorção de nutrientes devido à produção de ácidos orgânicos (como ácido cítrico, fumárico e glucônico que promovem a solubilização de micronutrientes), fosfatos e cátions minerais, como o ferro (ASADUZZAMAN; ALAM; ISLAM, 2013) e indução de resistência sistêmica a doenças (RYDER et al., 2012). Outro benefício proporcionado por isolados de *Trichoderma* spp. é o aumento da resistência a estresses bióticos e abióticos nas plantas (HADDAD, 2017), através da melhor absorção de água e nutrientes tornando a planta mais forte e saudável.

BACTÉRIAS

Gouda et al. (2018) estimam que a concentração de bactérias da rizosfera seja de 10 a 1.000 vezes maior do que as populações bacterianas encontradas no solo mais distante dessa região. As rizobactérias *Pasteuria* spp., *Pseudomonas* spp. e *Bacillus* spp. têm sido utilizadas para o controle biológico de fitopatógenos (BERINI et al., 2018).

Nos mais diferentes nichos ou *habitat* (solo, nos tecidos das plantas hospedeiras e nos próprios nematoides, incluindo ovos e cistos) podem-se detectar bactérias com capacidade de causar algum dano à sobrevivência de fitonematoides (STIRLING, 1991; SIDDIQUI; MAHMOOD, 1999, KERRY, 2000). Além de possíveis contribuições na indução de resistência e/ou acréscimo no desenvolvimento saudável da planta, alguns autores destacam como principais modos de ação o parasitismo, a produção de antibióticos, toxinas e enzimas (HORAK et al., 2019; ENGELBRECHT et al., 2018), o que proporciona uma interferência no processo de reconhecimento planta-hospedeiro (STIRLING, 1991; SIDDIQUI, MAHMOOD 1999; TIAN et al., 2007).

Sturz e Nowak (2000) consideram como promissoras no controle biológico de nematoides as bactérias da rizosfera. Nesse caso, destacam os gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas*. Essas considerações corroboram os dados de Tian et al. (2007) que afirmam que as rizobactérias possuem capacidade de colonizar, além da superfície do tecido externo, também o tecido interno (Figura 2).

Várias espécies de *Bacillus*, por exemplo, *B. nematocida*, controlam nematoides produzindo proteases extracelulares que destroem suas cutículas (NIU et al., 2006), e *B. thuringiensis* produzem proteínas *Cry* que são tóxicas para nematoides (BRAVO et al., 2007).

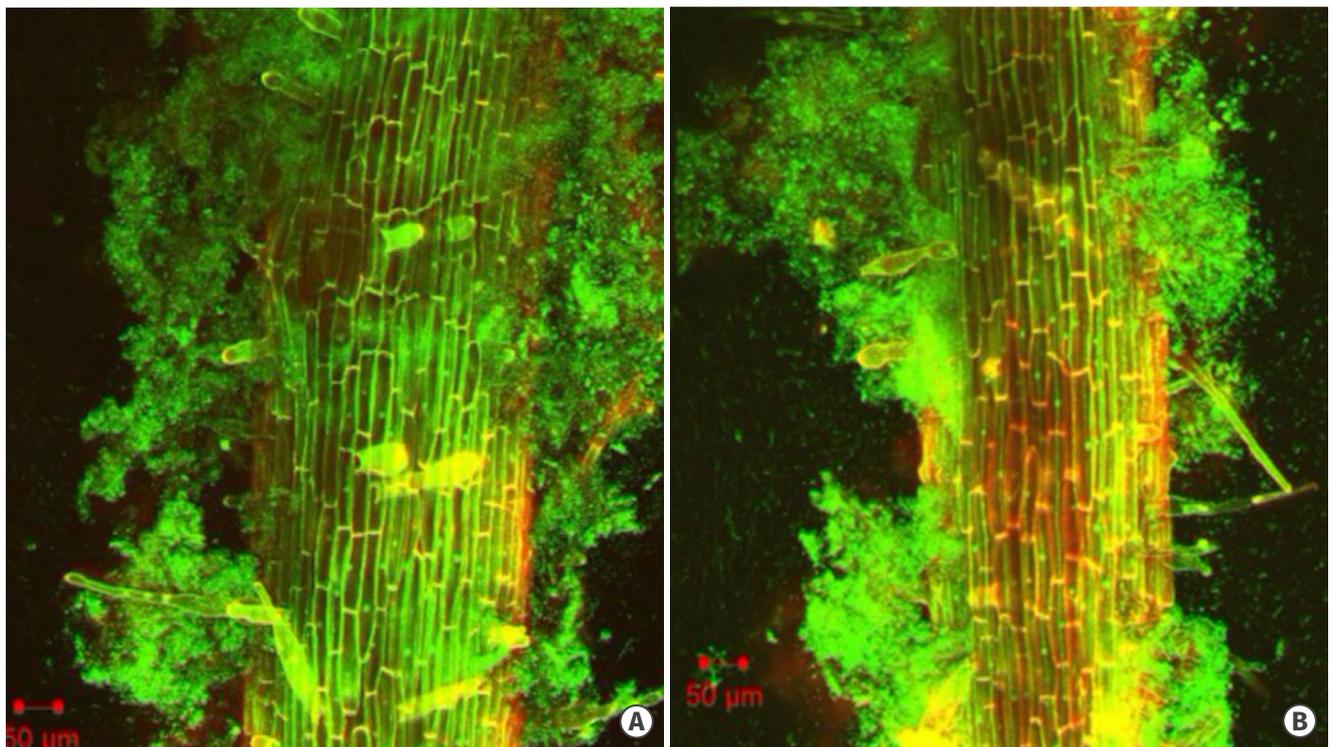


Figura 2. *Bacillus subtilis* (A) e *B. licheniformis* (B) colonizando a superfície externa de raízes ativas e formando um biofilme bacteriano (verde).

Fonte: Imagem autorizada FMC/Chr Hansen.

METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

Em geral, os metabólitos secundários podem atuar direta ou indiretamente nas populações de nematoides. Mecanismos diretos afetam a integridade dos nematoides através da produção de enzimas líticas, toxinas, gases, compostos orgânicos voláteis e outros metabólitos ou através de mecanismos indiretos que induzem outros fatores rizosféricos.

Entre os metabólitos secundários produzidos por rizobactérias, as enzimas líticas têm atraído a atenção dos cientistas desde o início das pesquisas com controle biológico de nematoides (MILLER; SANDS, 1977; GALPER; COHN; CHET, 1990). Enzimas extracelulares de bactérias que digerem os principais componentes químicos da cutícula e da casca do ovo são objetivos das pesquisas (TIAN et al., 2007; YOON et al., 2012; YANG et al., 2013).

Para exemplificar, Jung et al. (2014) demonstraram que as quitinases produzidas por *Lysobacter capsici* degradaram a casca de ovo de *Meloidogyne* spp., causando uma diminuição na eclosão. Em um experimento em casa de vegetação, a redução da população de J2 no solo e do número de massas de ovos de *Meloidogyne incognita* nas raízes de plantas de tomateiro foi atribuída à quitinase e β -1,3-glucanase secretada por *Streptomyces cacaoi* GY525 (YOON et al. 2012). Da mesma forma, El-Hadad et al. (2010) relataram a colonização de raiz por *Bacillus megaterium* PSB2 e 100% de mortalidade dos estádios J2 de *M. incognita*. Os autores detectaram alta produção de enzimas líticas, como proteases, quitinases e gelatinases pelo isolado, que poderiam ser consideradas atributos de virulência.

Proteases também têm sido amplamente estudadas em bactérias antagonistas de nematoides e, estas têm sido muito bem caracterizadas como fator de virulência de *Brevibacillus laterosporus*, que tem a capacidade de degradar as cutículas de nematoide (TIAN et al., 2006). Ainda segundo esses pesquisadores, as proteases serínicas com a capacidade de degradar as cutículas de nematoide de outras rizobactérias e fungos nematófagos mostraram uma alta similaridade percentual (correspondência de

sequência 97%–99%) com as de *Brevibacillus* (TIAN et al., 2006). Esse fato sugere que essas proteases são altamente conservadas entre as espécies microbianas. O papel das proteases no controle biológico de nematoides também foi demonstrado por Siddiqui, Haas e Heeb (2005), os quais usaram mutantes de *Pseudomonas fluorescens* CHA0 para o gene *apr A*, que codifica uma protease extracelular com atividade nematicida. Os mutantes não apresentaram atividade nematicida.

As rizobactérias podem atuar em outras partes ou regiões dos nematoides através de proteases virulentas que atingem as proteínas vitais do intestino do nematoide, causando sua morte (LIAN et al., 2007; NIU et al., 2010). ZHENG et al. (2016) demonstraram que combinações de diversos tipos de proteases podem ocorrer nos *Bacillus* com ações nematicidas.

Mesmo quando os fitonematoides apresentam maior conteúdo lipídico, poucos estudos têm se concentrado nas lipases como potenciais fatores de virulência. Castañeda-Alvarez et al. (2016) realizaram um estudo *in vitro* e relataram cepas pertencentes a *B. thuringiensis*, *B. megaterium* e *B. amyloliquefaciens* com forte atividade de lipase que causou a mortalidade do nematoide *Xiphinema*.

Em geral, as enzimas líticas desempenham um papel crucial na atividade rizobacterianas contra nematoides devido a seus diferentes mecanismos de ação e à fisiologia relativamente simples e estrutura de nematoides.

OUTROS METABÓLITOS SECUNDÁRIOS PRODUZIDOS POR *Bacillus*

Entre a ampla gama de bactérias descritas como ativas contra nematoides, os membros do gênero *Bacillus* são os mais estudados. Outros compostos secundários de estirpes de *Bacillus* (diferentes de enzimas líticas e proteínas Cry) foram reportados com atividade de controle de nematoides. Mendoza, Kiewnick e Sikora (2008) relataram que *B. firmus* produziu metabólitos não identificados durante a cultura que reduziram significativamente a eclosão de ovos de *M. incognita* e controlaram *Radopholus similis*. Da mesma forma, os metabólitos produzidos

¶Informação fornecida por Maria da Penha Angeletti em 2019.

por *B. cereus* e *B. subtilis* mostraram atividade *in vitro* contra J2 de *M. exigua*; esses compostos foram identificados como uracila, 9H-purina e di-hidrouracil, sendo este último o mais eficaz (OLIVEIRA et al., 2014).

O peptídeo plantazolicina, produto do gene RBAM_007470, foi identificado como o fator nematicida da estirpe *B. amyloliquefaciens* FZB42 (LIU et al., 2013). Outros metabólitos relacionados ao controle de nematoides produzidos por *B. cereus* estirpe S2 foram identificados como esfingosina C16 e fitoesfingosina. A esfingosina atuou no trato intestinal de *C. elegans* e destruiu a área genital do nematoide com a consequente inibição da reprodução (GAO et al., 2016).

Liu et al. (2010) relataram que *B. thuringiensis* produz um derivado de nucleosídeo de adenina com habilidades inseticidas e nematicidas que inibe a formação de energia (ATP - moléculas de energia vital para os seres vivos). Estirpes de *B. thuringiensis* expressando thuringiensina (β -exotoxina) podem matar nematoides com uma taxa de mortalidade maior do que aqueles que não expressam a molécula (ZHENG et al., 2016).

O antibiótico policetídeo 2,4-diacetilfloroglucinol (DAPG) é produzido por algumas cepas da rizobactéria promotora de crescimento de plantas *P. fluorescens*. Uma linhagem superprodutora de DAPG inibiu a formação de galhas de *M. incognita* nos sistemas radiculares de plantas de feijão-mungo, soja e tomate (SIDDIQUI; SHAUKAT, 2003). Foi demonstrado que o DAPG não afeta todos os nematoides da mesma maneira. Em seu estudo, Meyer et al. (2009) descobriram que a exposição à DAPG diminuiu a eclosão de ovos de *M. incognita*, mas não teve efeito sobre seu estágio J2. No entanto, outros nematoides testados (ovos e J2 de *Heterodera glycines*, juvenis e adultos de *Pristionchus scribneri*, ovos e adultos de *Pratylenchus pacificus*, e ovos e adultos de *Rhabditis rainai*) não foram afetados pelo metabólito.

A hipótese é que a atividade de biocontrole dos fitonematoides exercida pela DAPG é devida à ação sinérgica com outros metabólitos produzidos pelas rizobactérias, como HCN e pyoluteorina ou agentes indutores de resistência sistêmica nas raízes das plantas (SIDDIQUI; SHAUKAT, 2003).

TOXINAS DO CRY DE *Bacillus thuringiensis*

Durante a esporulação, as estirpes de *Bacillus thuringiensis* produzem endotoxinas chamadas proteínas Cry, que são tóxicas para um grande número de espécies de insetos (MAAGD; BRAVO; CRICKMORE, 2001). Estudos mais recentes demonstram que algumas proteínas Cry são tóxicas para os nematoides parasitas de plantas (BRAVO et al., 2007; GUO et al., 2008). Entre as dezenas de famílias de toxinas Cry já identificadas, somente as Cry5, Cry6, Cry12, Cry13, Cry14, Cry21 apresentaram atividade nematicida (BRAVO et al., 1998; MARROQUIN et al., 2000; FRANKENHUYZEN, 2009).

O mecanismo de ação relatado para as proteínas Cry que afetam os nematoides é semelhante ao descrito em insetos. A toxina se liga às células epiteliais do intestino do nematoide, induzindo a formação de poros e vacúolos e terminando com a degradação do intestino (MARROQUIN et al., 2000). Nesse universo de possibilidades, recentemente Iatsenko, Boichenko e Sommer (2014) relataram mais duas novas protoxinas codificadas por plasmídeos (Cry21Fa1 e Cry21Ha1) de *B. thuringiensis* DB27 que também exibem atividade nematicida.

POTENCIAL DE BIOCONTROLE

Em uma revisão publicada por Siddiqui e Mahmood (1999), os autores afirmaram que a falta de interesse comercial em inoculantes bacterianos para uso como agentes de biocontrole de fitonematoides era um grande problema para o avanço da pesquisa nessa área. Hoje em dia, com a restrita grade de nematicidas químicos, o uso de bionematicidas se tornou uma prioridade (ZASADA et al., 2010). Os agentes de controle biológico e seus metabólitos relacionados têm sido o foco da busca por alternativas ambientalmente corretas. Entre os agentes de controle biológico no mercado ou em um estágio avançado de pesquisa/desenvolvimento, as bactérias rizosféricas ganharam um lugar proeminente pelos resultados da sua eficiência (Figura 3). Nesse sentido, os metabólitos secundários produzidos pelas rizobactérias são fontes potenciais de uma

nova geração de nematicidas. Apesar disso, há de considerar os custos de produção dos nematicidas que podem variar em centenas de milhões de dólares (OLSON, 2015) e a eficiência de controle em ambiente de campo em função da estabilidade dos metabólitos; do espectro de patógenos-alvo; da interação com plantas e com outros organismos; e de seu efeito sobre o meio ambiente.



Figura 3. Controle de *Pratylenchus brachyurus* demonstrado pelo vigor de planta e stand uniforme (direita) com uso de bionematicida composto por *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* aplicado no tratamento de semente.

Fonte: Foto de Alexandra Botelho de Lima Abreu/FMC.

No entanto, o uso desses compostos na forma ativa pode ajudar a superar problemas relacionados à sobrevivência de agentes de biocontrole, uma vez que frequentemente fracassam quando introduzidos em um novo ecossistema devido à competição com populações autóctones. Da mesma forma, o estudo

das vias metabólicas que levam à produção desses compostos pode ajudar a discernir as condições necessárias para desencadear naturalmente sua produção e consequente atividade na rizosfera.

Finalmente, alguns desses metabólitos têm sido o ponto de partida no desenvolvimento de plantas transgênicas com resistência a nematoides. Por exemplo, as toxinas de *B. thuringiensis* Cry5B expressas nas raízes de tomate podem tornar a planta resistente ao ataque de *M. incognita* (LI et al., 2007). A aplicação de técnicas moleculares e metabolômicas, assim como bioinformática, está melhorando nossa compreensão sobre a função de muitos metabólitos com potencial de biocontrole.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas estratégias do manejo integrado e na gestão da microbiota do solo, os bionematicidas apresentam-se como uma excelente opção considerando ainda as perspectivas para o manejo e o descobrimento de novos agentes de biocontrole, além do desenvolvimento de produtos formulados. É importante destacar que além da ação nematicida, os bionematicidas favorecem a solubilização de nutrientes, a promoção de crescimento das plantas ou mesmo a ativação de suas defesas tem sido buscada.

No entanto, alguns insucessos na utilização em condições de campo estão correlacionados à falta de domínio e de conhecimento do potencial e da biologia de cada microrganismo que compõe os produtos formulados. Portanto, há também a necessidade de levar em consideração a eficiência do produto biológico que está intrinsecamente ligado ao agente potencial de controle biológico, ao seu modo de ação e ao alvo biológico a ser atingido. Várias cepas de rizobactérias e fungos produzem compostos secundários com diferentes mecanismos de ação e apresentam potencial para o desenvolvimento de ativos biotecnológicos que são promissores em controlar populações de nematoides fitoparasitas em áreas agrícolas do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS

- ADIKO, A. Biological control of *Meloidogyne incognita* with *Paecilomyces lilacinus*. M.Sc. Thesis, **Department of Plant Pathology**, North Carolina State University, Raleigh. 1984.
- AL-HAZMI, A. S.; TARIQJAVEED, M. Effects of different inoculum densities of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* against *Meloidogyne javanica* on tomato. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 288–292, 2016.
- AMIR-AHMADI, N.; MOOSAVI, M. R.; MOAFPOURIAN, G. Effect of soil texture and its organic content on the efficacy of *Trichoderma harzianum* (MIAU 145 C) in controlling *Meloidogyne javanica* and stimulating the growth of kidney beans. **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, n. 1, p. 115–127, 2017.
- ASADUZZAMAN, M.; ALAM, M. J.; ISLAM, M. M. Effect of *Trichoderma* on seed germination and seedling parameters of chili. **Journal of Science Foundation**, v. 8, n. 1-2, p. 141-150, 2013.
- BAIS, H. P.; PARK, S. W.; WEIR, T. L.; CALLAWAY, R. M.; VIVANCO, J. M. How plants communicate using the underground information superhighway. **Trends Plant Sci.**, v. 9, n. 1, p. 26–32, 2004.
- BERENDSEN, R. L.; PIETERSE, C. M.; BAKKER, P. A. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends Plant Sci.**, v. 17, n. 8, p. 478–486, 2012.
- BERINI, F.; KATZ, C.; GRUZDEV, N.; CASARTELLI, M.; TETTAMANTI, G.; MARINELLI, F. Microbial and viral chitinases: Attractive biopesticides for integrated pest management. **Biotechnol. Adv.**, v. 36, p. 818–838, 2018.
- BORDALLO, J. J.; LOPEZ-LLORCA, L. V.; JANSOON, H. B.; SALINAS, J.; ASENSIO, L. Colonisation of plant roots by egg-parasitic and nematode-trapping fungi. **New Phytologist**, v. 154, p. 491-499, 2002.
- BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V.; CARVALHO, O. R. et al. Ovicidal action of a crude enzymatic extract of the fungus *Pochonia chlamydosporia* against cyathostomin eggs. **Veterinary Parasitology**, v. 172, p. 264–268, 2010.
- BRAVO, A.; GILL, S. S.; SOBERO, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* cry and Cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon**, v. 49, n. 4, p. 423–435, 2007.
- BRAVO, A.; SARABIA, S.; LOPEZ, L.; ONTIVEROS, H.; ABARCA, C.; ORTIZ, A. Characterization of cry genes in a Mexican *Bacillus thuringiensis* strain collection. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 64, p. 4965–4972, 1998.
- CARDOSO, E. R.; ASSIS, L. C.; NAHAS, E. Nutrição e crescimento do fungo nematófago *Arthrobotrys oligospora*. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 4, p.267-272, dez. 2009.
- CARRERASVILLASENOR, N.; SANCHEZ-ARREGUIN, J. A.; HERRERA-ESTRELLA, A. H. *Trichoderma*: sensing the environment for survival and dispersal. **Microbiology**, v. 158, n. 1, p. 3–16, jan. 2012.
- CASTAÑEDA-ALVAREZ, C.; PRODAN, S.; ROSALES, I. M.; ABALLAY, E. Exoenzymes and metabolites related to the nematicidal effect of rhizobacteria on *Xiphinema index* Thorne & Allen. **J. Appl. Microbiol.**, v. 120, n. 2, p. 413–424, 2016.
- CORRÊA, R. C. G.; RHODEN, S. A.; MOTA, T. R.; AZEVEDO, J. L.; PAMPHILE, J. A.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; FERRAZ S.; NEVES, W. S.; LOPES, E. A.; COUTINHO, M. M. Efeito da concentração de clamidósporos de *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia* no controle de *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 32, p. 327–332, 2014.
- DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; PEREIRA, O. L.; ZOOCA, R. J. F.; FERRAZ, S. Screening of *Pochonia chlamydosporia* Brazilian isolates as biocontrol. **Journal Article**, v. 42, p. 102-107, 2012.
- DJIAN, C.; PIJAROUVSKI, L.; PONCHET, M.; ARPIN, N. Acetic acid, a selective nematicidal metabolite from culture filtrates of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samsan and *Trichoderma longibrachiatum* Rifai. **Nematologica**, v. 37, p. 101–102, 1991.
- DUBE, B.; SMART JR, G. C. Biological control of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* and *Pasteuria penetrans*. **Journal of Nematology**, v. 19, p. 222–227, 1987.
- DUNCAN, L. W. Current options for nematode management. **Annual Review of Phytopathology**, v. 29, p. 469-490, 1991.
- EL-HADAD, M. E.; MUSTAFA, M. I.; SELIM, S. M.; EL-TAYEB, T. S.; MAHGOOBI, A. E. A.; AZIZ, N. H. A. In vitro evaluation of some bacterial isolates as biofertilizers and biocontrol agents against the second stage juveniles of *Meloidogyne incognita*. **World J. Microbiol. Biotechnol.**, v. 26, p. 2249–2256, 2010.
- ENGELBRECHT, G.; HORAK, I.; LZÉ RENSBURG, P. J. J.; CLAASSENS, S. *Bacillus*-based bionemáticas: development, modes of action and commercialisation. **Biocontrol Science and Technology**, v. 28, n. 7, p. 629–653, 2018.
- FERRAZ, S.; SANTOS, M. A. Controle biológico de fitonematóides pelo uso de fungos. **Revisão Anual de Proteção de Plantas**, v. 3, p. 283-314, 1995.
- FETTERER, R. H.; RHOADS, M. L. Biochemistry of the nematode cuticle: relevance to parasitic nematodes of livestock. **Veterinary Parasitology**, v. 46, p. 103–111, 1993.
- FRANKENHUYZEN, K. Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. **J. Invertebr. Pathol.**, v. 101, n. 1, p. 1–16, 2009.
- GALBIERI, R.; ASMUS, L. G. Principais espécies de nematóides do algodoeiro no Brasil. In: GALBIERI, R.; BELOT, L. J. (Ed.). **Nematóides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá, MT: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2016, p. 11-36.
- GALPER, S.; COHN, E.; CHET, I. Nematicidal effect of collagen-amended soil and the influence of protease and collagenase. **Rev. Nematol.**, v. 13, p. 67–71, 1990.

- GAO, H.; QI, G.; YIN, R.; ZHANG, H.; LI, C.; ZHAO, X. *Bacillus cereus* strain S2 shows high nematocidal activity against *Meloidogyne incognita* by producing sphingosine. **Scientific Reports**, 6: 28756, 2016.
- GIRLANDA, M.; PEROTTO, S.; MOENNE-LOCOCOZ, Y.; BERGERO, R.; LAZZARI, A.; DEFAGO, G.; BONFANTE, P.; LUPPI, A. M. Impact of biocontrol *Pseudomonas fluorescens* CHA0 and a genetically modified derivative on the diversity of culturable fungi in the cucumber rhizosphere. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 67, p. 1851–1864, 2001.
- GORTARI, M. C.; HOURS, R. A. Fungal chitinases and their biological role in the antagonism onto nematode eggs. A review. **Mycological Progress**, v. 7, p. 221–238, 2008.
- GOUDA, S.; KERRY, R. G.; DAS, G.; PARAMITHIOTIS, X.; SHIN, H. S.; PATRA, J. K. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiol. Res.**, v. 206, p. 131-140, 2018.
- GUO, S.; LIU, M.; PENG, D.; JI, S.; WANG, P.; YU, Z.; SUN, M. New strategy for isolating novel nematocidal crystal protein genes from *Bacillus thuringiensis* strain YBT-1518. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 74, n. 22, p. 6997–7001, 2008.
- HADDAD, P. E.; LEITE, L. G.; LUCON, C. M. M.; HARAKAVA, R. Selection of *Trichoderma* spp. strains for the control of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1140-1148, 2017.
- HALLMANN, J.; DAVIES, K. G.; SIKORA, R. Biological control using microbial pathogens, endophytes and antagonists. In: Perry, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (Ed.). **Root-knot Nematodes**. CAB International, Wallingford, p. 380-411, 2009.
- HAMZA, M. A. et al. Diversity of nematophagous fungi in Moroccan olive nurseries: Highlighting prey-predator interactions and efficient strains against root-knot nematodes. **Biological Control**, v. 114, p. 14-23, nov. 2017.
- HARMAN, G. E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, v. 96, p. 190–194, 2006.
- HARTMANN, A.; ROTHBALLER, M.; SCHMID, M. Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. **Plant and Soil**, v. 312, p. 7–14, 2008.
- HORAK, I.; ENGELBRECHT, G.; JANSEN RENSBURG, P. J.; CLAASSENS, S. Microbial metabolomics: essential definitions and the importance of cultivation conditions for utilizing *Bacillus* species as bionematicides. **J. Appl. Microbiol.**, v. 127, n. 2, p. 326-343, 2019.
- IATSENKO, I.; BOICHENKO, I.; SOMMER, R. J. *Bacillus thuringiensis* DB27 produces two novel protoxins, Cry21Fa1 and Cry21Ha1, which act synergistically against nematodes. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 80, n. 10, p. 3266–3275, 2014.
- JANSSON, H.-B.; LOPEZ-LLORCA, L. V. Biology of nematophagous fungi. In: MISRA, J. K.; HORN, B. W. (Ed.). *Trichomycetes and other fungal groups*. **Science Publishers**, Enfield, p. 145–173, 2001.
- JINDAPUNNAPAT, K.; CHINNASRI, B.; KWANKUAE, S. Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne enterolobii*) in guava by the fungus *Trichoderma harzianum*. **Journal of Developments in Sustainable Agriculture**, v. 8, n. 2, p. 110–118, 2013.
- JUNG, W. J.; KIM, K. Y.; PARK, Y. S. et al. Purification and properties of a *Meloidogyne* antagonistic chitinase from *Lysobacter capsici* YS1215. **Nematology**, v. 16, p. 63–72, 2014.
- KERRY, B. R. Ecological considerations for the use of nematophagous fungus, *Verticillium chlamydosporium*, to control plant parasitic nematodes. **Canadian Journal of Botany**, v. 73, p. 65-70, 1995.
- KERRY, B. R. Rhizosphere interactions and exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes. **Annual Review Phytopathology**, v. 38, p. 423-441, 2000.
- KHALIL, M. S. Alternative approaches to manage plant parasitic nematodes. **Journal of Plant Pathology & Microbiology**, v. 4, 1000 e 105, 2013.
- KHAN, A.; WILLIAMS, K. L.; NEVALAINEN, H. K. M. Control of plant-parasitic nematodes by *Paecilomyces lilacinus* and *Monacrosporium lysipagum* in pot trials. **BioControl**, v. 51, n. 5, p. 643-658, 2006.
- KHAN, A.; WILLIAMS, K. L.; NEVALAINEN, H. K. M. Effects of *Paecilomyces lilacinus* protease and chitinase on the eggshell structures and hatching of *Meloidogyne javanica* juveniles. **Biological Control**, v. 31, p. 346–352, 2004.
- LI, G. H.; ZHANG, K. Q.; XU, J. P.; DONG, J. Y.; LIU, Y. J. Nematicidal substances from fungi. **Recent Pat. Biotechnol.**, v. 1, p. 212–233, 2007.
- LIAN, L. H.; TIAN, B. Y.; XIONG, R. et al. Proteases from *Bacillus*: a new insight into the mechanism of action for rhizobacterial suppression of nematode populations. **Lett. Appl. Microbiol.**, v. 45, p. 262–269, 2007.
- LIU, X. Y.; RUAN, L. F.; HU, Z. F.; PENG, D. H.; CAO, S. Y.; YU, Z. N.; LIU, Y.; ZHENG, J. S.; SUN, M. Genome-wide screening reveals the genetic determinants of an antibiotic insecticide in *Bacillus thuringiensis*. **J. Biol. Chem.**, v. 285, p. 50, p. 39191–39200, 2010.
- LIU, Z.; BUDIHARJO, A.; WANG, P.; SHI, H.; FANG, J.; BORRISS, R. et al. The highly modified microcin peptide plantazolicin is associated with nematocidal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, v. 97, p.10081–10090, 2013.
- LOPES, E. A.; FERRAZ, S. Importância dos fitonematoides na agricultura. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L. H. S. (Ed.). **Diagnose de fitonematoides**. Campinas: Millennium Editora, 2016, p. 1-11.
- LOPEZ-LLORCA, L. V.; OLIVARES-BERNABEU, C.; SALINAS, J.; JANSSON, H. B.; KOLATTUKUDY, P. E. Pre-penetration events in fungal parasitism of nematode eggs. **Mycological Research**, v. 106, p. 499-506, 2002.

- LUANGSA-ARD, J.; HOUBRAKEN, J.; VAN DOORN, T.; HONG, S. B.; BORMAN, A. M.; HYWELJONES, N. L.; SAMSON, R. A. *Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinus*. **FEMS Microbiology Letter**, v. 321, n. 2, p. 141-9, 2011.
- LUCON, C. M.; CHAVES A. L.; BACILIERI, S. **Trichoderma**: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura. São Paulo: Instituto Biológico, 2014. 28 p.
- MAAGD, R. A.; BRAVO, A.; CRICKMORE, N. How *Bacillus thuringiensis* has evolved specific toxins to colonize the insect world. **Trends Genet.**, v. 17, n. 193-199, 2001.
- MACHADO A. C.; KANEKO L.; PINTO Z. V. Controle Biológico. In: GALBIERI, R.; BELOT, J. L. (Ed.). **Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle**. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão, p. 287-312, 2016.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação de Agrotóxico e Afins/DFIA/SDA. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT**.- Consulta de Produtos Formulados. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 4 jul. 2019.
- MARROQUIN, L. D.; ELYASSNIA, D.; GRIFFITTS, J. S.; FEITELSON, J. S.; AROIAN, R. V. *Bacillus thuringiensis* (Bt) toxin susceptibility and isolation of resistance mutants in the nematode *Caenorhabditis elegans*. **Genetics**, v. 155, p. 1693-1699, 2000.
- MARTÍNEZ-MEDINA, A.; FERNANDEZ, I.; LOK, G. B.; POZO, M. J.; PIETERSE, C. M.; VAN WEES, S. C. Shifting from priming of salicylic acid-to jasmonic acid-regulated defenses by *Trichoderma* protects tomato against the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. **New Phytologist**, v. 213, n. 3, p. 1363-1377, 2017.
- MAUCLINE, T. H.; KERRY, B. R.; HIRSCH, P. R. The biocontrol fungus *Pochonia chlamydosporia* shows nematode host preference at the infraspecific level. **Mycological Research**, v. 108, n. 2, p. 161-169, 2003.
- MEDEIROS, H. A.; RESENDE, R. S.; FERREIRA, F. C.; FREITAS, L. G.; RODRIGUES, F. A. Induction of resistance in tomato against *Meloidogyne javanica* by *Pochonia chlamydosporia*. **Nematoda**, v. 2, p. 10015-10022, 2015.
- MENDOZA, A. R.; SIKORA, R. A.; KIEWNICK, S. Influence of *Paecilomyces lilacinus* strain 251 on the biological control of the burrowing nematode *Radopholus similis* in banana. **Nematropica** 37: 203-213, 2007.
- MENDOZA, A.; KIEWNICK, S.; SIKORA, R. *In vitro* activity of *Bacillus firmus* against the burrowing nematode *Radopholus similis*, the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the stem nematode *Ditylenchus dipsaci*. **Biocontrol Sci. Tech.**, v. 18, n. 4, p. 377-389, 2008.
- MEYER, S. L. F.; HALBRENDT, J. M.; CARTA, L. K. et al. Toxicity of 2,4-diacetylphloroglucinol (DAPG) to plant-parasitic and bacterial-feeding nematodes. **J. Nematol.**, v. 41, n. 4, p. 274-280, 2009.
- MEYER, S. L. F.; ROBERTS, D. P.; CHITWOOD, D. J.; CARTA, L. K.; LUMSDEN, R. D.; MAO, W. Application of *Burkholderia cepacia* and *Trichoderma virens*, alone and in combinations, against *Meloidogyne incognita* on bell pepper. **Nematropica**, v. 31, p. 75-86, 2001.
- MILLER, P. M.; SANDS, D. C. Effects of hydrolytic enzymes on plant-parasitic nematodes. **Rev. Nematol.**, v. 9, n. 3, p. 192-197, 1977.
- MOOSAVI, M. R.; ZARE, R.; ZAMANIZADEH, H. R.; FATEMY, S. Pathogenicity of *Pochonia* species on eggs of *Meloidogyne javanica*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 104, n. 2, p. 125-133, 2010.
- MORGAN, J. A. W.; BENDING, G. D.; WHITE, P. J. Biological costs and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. **J. Exp. Bot.**, v. 46, n. 417, jul. 2005.
- MORGAN-JONES, G.; WHITE, J. F.; RODRIGUEZ-KÁBANA, R. Phytonematode pathology: ultrastructural studies, II parasitism of *Meloidogyne arenaria* eggs and larvae by *Paecilomyces lilacinus*. **Nematropica**, v. 14, p. 57-71, 1984.
- MOURA, G. S.; FRANZENER, G. Biodiversity of nematodes biological indicators of soil quality in the agroecosystems. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 84, 2017.
- NIU, Q.; HUANG, X.; ZHANG, L. et al. A neutral protease from *Bacillus nematocida*, another potential virulence factor in the infection against nematodes. **Arch. Microbiol.**, v. 185, p. 439-448, 2006.
- NIU, Q.; HUANG, X.; ZHANG, L.; XU, J.; YANG, D.; WEI, K.; NIU, X.; AN, Z.; BENNETT, J. W.; ZOU, C.; YANG, J.; ZHANG, K. Q. A Trojan horse mechanism of bacterial pathogenesis against nematodes. **PNAS**, v. 107, n. 38, p. 16631-16636, 2010.
- OLIVEIRA, C. M. G.; MONTEIRO, A. R.; BLOK, V. C. Morphological and molecular diagnostics for plant-parasitic nematodes: working together to get the identification done. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 65-73, abr. 2011.
- OLIVEIRA, D. F.; SANTOS JUNIOR, H. M.; DOS NUNES, A. S. et al. Purification and identification of metabolites produced by *Bacillus cereus* and *B. subtilis* active against *Meloidogyne exigua*, and their *in silico* interaction with a putative phosphoribosyltransferase from *M. incognita*. **An. Acad. Bras. Cienc.**, v. 86, p. 525-538, 2014.
- OLSON, S. An analysis of the biopesticide market now and where it is going. The biopesticide market. **Outlooks Pest Manage**, v. 26, n. 203-206, 2015.
- RYDER, L. S.; HARRIS, B. D.; SOANES, D. M.; KERSHAW, M. J.; TALBOT, N. J.; THORNTON, C. R. Saprotrophic competitiveness and biocontrol fitness of a genetically modified strain of the plant-growth-promoting fungus *Trichoderma hamatum* GD12. **Microbiology**, v. 158, p. 84-97, 2012.
- SANKARANARAYANAN, C.; HUSSAINI, S.; SREERAMAKUMAR, S.; PRASAD, R. D. Nematicidal effect of fungal filtrates against root-knot. **J. Biol. Control**, v. 11, p. 37-41, 1997.

- SASSE, J.; MARTINOIA, E.; NORTHEN, T. Feed your friends: do plant exudates shape the root microbiome? **Trends Plant Sci.**, v. 23, n. 1, p. 25–4, 2018.
- SCHUSTER, A.; SCHMOLL, M. Biology and biotechnology of *Trichoderma*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 87, n. 3, p. 787–799, 2010.
- SIDDIQUI, I. A.; ATKINS, S. D.; KERRY, B. R. Relationship between saprotrophic growth in soil of different biotypes of *Pochonia chlamydosporia* and the infection of nematode eggs. **The Annals of Applied Biology**, v. 155, n. 1, p. 131–141, 2009.
- SIDDIQUI, I. A.; SHAUKAT, S. S. Plant species, host age and host genotype effects on *Meloidogyne incognita* biocontrol by *Pseudomonas fluorescens* strain CHA0 and its genetically-modified derivatives. **J. Phytopathol.**, v. 151, p. 231–238, 2003.
- SIDDIQUI, I. A.; SHAUKAT, S. S. *Trichoderma harzianum* enhances the production of nematicidal compounds *in vitro* and improves biocontrol of *Meloidogyne javanica* by *Pseudomonas fluorescens* in tomato. **Lett. Appl. Microbiol.**, v. 38, p. 169–175, 2004.
- SIDDIQUI, I.; HAAS, D.; HEEB, S. Extracellular protease of *Pseudomonas fluorescens* CHA0, a biocontrol factor with activity against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 71, n. 9, p. 5646–5649, 2005.
- SIDDIQUI, Z. A.; MAHMOOD, I. Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes: a review. **Bioresource Technology**, Washington, v. 69, n. 2, p. 167–179, 1999.
- SIKORA R. A. Management of the antagonistic potential in agriculture ecosystems for the biocontrol of plant-parasitic nematodes. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 30, p. 245–270, 1992.
- SIKORA, R. A.; COYNE, D.; HALLMANN, J.; TIMPER, P. Reflections and challenges: nematology in subtropical and tropical agriculture. In: SIKORA, R. A.; COYNE, D.; HALLMANN, J.; TIMPER, P. **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. 3. ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, p. 1-19, 2018.
- STIRLING, G. R. **Biological control of plant parasitic nematodes: progress, problems and prospects**. Wallingford: CAB International, p. 282, 1991.
- STURZ, A. V.; NOWAK, J. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. **Applied Soil Ecology**, Amsterdã, v. 15, n. 2, p. 183–190, 2000.
- SUFIATE, B. L.; SOARES, F. E. F.; MOREIRA, S. S.; GOUVEIA, A. S.; CARDOSO, E. F.; BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V.; QUEIROZ, J. H. *In vitro* and *in silico* characterization of a novel dextranase from *Pochonia chlamydosporia*. **Biotech.**, v. 8, p. 1–9, 2018.
- TIAN, B. Y.; LI, N.; LIAN, L. H.; LIU, J. W.; YANG, J. K.; ZHANG, K. Q. Cloning, expression and deletion of the cuticle-degrading protease BLG4 from nematophagous bacterium *Brevibacillus laterosporus* G4. **Arch. Microbiol.**, v. 186, p. 297–305, 2006.
- TIAN, B. Y.; YANG, J. K.; LIAN, L. H.; WANG, C. Y.; LI, N.; ZHANG, K. Q. Role of neutral protease from *Brevibacillus laterosporus* in pathogenesis of nematode. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, v. 74, p. 372–380, 2007.
- TIMPER, P.; MINTON, N. A.; JOHNSON, A. W.; BRENNEMAN, T. B.; CULBREATH, A. K.; BURTON, G. W. Influence of cropping systems on stem rot (*Sclerotium rolfsii*), *Meloidogyne arenaria* and the nematode antagonist *Pasteuria penetrans* in peanut. **Plant Disease**, v. 85, p. 767–772, 2001.
- TOBIN, J. D.; HAYDOCK, P. P. J.; HARE, M. C. et al. The compatibility of the fungicide azoxistrobin with *Pochonia chlamydosporia*, a biological control agent for potato cyst nematodes (*Globodera* spp.) **The Annals of Applied Biology**, v. 152, p. 301–305, 2008.
- YANG, Z. S.; LI, G. H.; ZHAO, P. J.; ZHENG, X.; LUO, S. L.; LI, L.; NIU, X. M.; ZHANG, K. Q. Nematicidal activity of *Trichoderma* spp. and isolation of an active compound. **World J. Microbiol. Biotechnol.**, v. 26, p. 2297–2302, 2010.
- YANG, J.; LIANG, L.; LI, J.; ZHANG, K. Q. Nematicidal enzymes from microorganisms and their applications. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, v. 97, p. 7081–7095, 2013.
- YOON, G. Y.; LEE, Y. S.; LEE, S. Y.; PARK, R. D.; HYUN, H. N.; NAM, Y.; KIM, K. Y. Effects on of chitinase, glucanase and a secondary metabolite from GY525. **Nematology**, v. 14, p. 175–184, 2012.
- ZASADA, I.; HALBRENDT, J.; KOKALIS-BURELLE, N.; LAMONDIA, J.; MCKENRY, M.; NOLING, J. Managing nematodes without methyl bromide. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 48, n. 1, p. 311–328, 2010.
- ZHANG, S. X.; ZHANG, X. Effects of two composted plant pesticide residues, incorporated with *Trichoderma viride*, on root-knot nematode in balloon flower. **Agric. Sci.**, v. 8, p. 447–454, 2009.
- ZHANG, S.; GAN, Y.; XU, B. Biocontrol potential of a native species of *Trichoderma longibrachiatum* against *Meloidogyne incognita*. **Applied Soil Ecology**, v. 94, p. 21–29, 2015.
- ZHENG, Z.; ZHENG, J.; ZHANG, Z.; PENG, D.; SUN, M. Nematicidal spore-forming bacilli share similar virulence factors and mechanisms. **Sci. Rep.** 6:31341, 2016.
- ZOGG, G. P.; TRAVIS, S. E., AND BRAZEAU D. A. Strong associations between plant genotypes and bacterial communities in a natural salt marsh. **Ecol. Evolut.**, v. 8, n. 9, p. 4721–4730, 2018.

Tendências para a sustentabilidade da cafeicultura de arábica em regiões de montanha

Fabiano Alixandre Tristão¹; Cesar Abel Krohling²; Lúcio Herzog De Muner³; Matheus Fonseca de Souza⁴; Maurício José Fornazier⁵

Resumo - Café é a principal atividade econômica de 80% dos municípios do Espírito Santo. O café arábica (*Coffea arabica* L.) é cultivado predominantemente em áreas declivosas (600-1.200 m), em 26.313 propriedades rurais, envolvendo 53 mil famílias, numa área de 150 mil ha e produção média anual de 3 milhões de sacas. Embora haja disponibilidade de tecnologias, a sustentabilidade dessa cafeicultura enfrenta diversos desafios, como a diminuição de custos, aumento da renda e qualidade de vida, preservação dos solos e melhoria da qualidade do café. Tecnologias disponibilizadas, como cultivares mais bem adaptadas às condições de cultivo, colheita semimecanizada, implementos mais adaptados às condições declivosas, microterraceamento das lavouras, manejo com cobertura do solo, podas adequadas, adubações químicas e orgânicas equilibradas, têm permitido elevar a produtividade e os patamares de sustentabilidade. Além disso, o adequado ponto de colheita, tecnologias pós-colheita para diferentes altitudes, como formas e tempos diferentes para fermentação, sistema protegido para secagem dos grãos e técnicas para manejo pós-colheita preservam o potencial global das diferentes qualidades de bebida, ressaltando em sabores/aromas diferenciados. Capacitações contínuas em boas práticas agrícolas (BPA) e pós-colheita, treinamentos em classificação/degustação/ponto de torra de café para torrado/moído e espresso permitem melhor comercialização de diferentes cafés para mercados nacionais/internacionais, redes varejistas ou diretamente para consumidores, melhorando o patamar econômico da sustentabilidade. Atingir patamares superiores de sustentabilidade dependente da aceitação global pelos diferentes atores envolvidos na cadeia produtiva e no mercado consumidor. Somente com a conscientização das partes envolvidas e remuneração adequada de cafés superiores, as famílias rurais continuarão estimuladas para permanecerem nas propriedades, produzindo café de alta qualidade, preservando o meio ambiente e gerando emprego e renda no meio rural nas montanhas do Espírito Santo.

Palavras-chaves: Café sustentável. Manejo de lavouras de café. Qualidade de café arábica. Qualidade de vida. Regiões declivosas.

Trends for sustainability of arabica coffee in highland regions

Abstract - Coffee is the main economic activity of 80% of the municipalities of Espírito Santo State, Brazil. Arabica is cultivated in highland areas (600-1,200 m), in 26,313 rural farms, involving 53,000 families, in an area of 150,000 ha, and an annual average production of 3 million bags. Although technologies are available, the sustainability of this coffee crop faces several challenges, such as cost reduction, increase in quality of life and income, soil conservation and improvement of coffee quality. Technologies that have been made available such as better adapted cultivars, semi-mechanized harvesting, more adapted implements to sloped conditions, micro-terracing of plantations, soil cover management, adequate prunings, correct chemical and organic fertilizations, have allowed improvement of productivity and levels of sustainability. Suitable harvesting point, post-harvest technologies for different altitudes, different forms and times for fermentation, protected system for the drying of the grains and techniques for post-harvest handling preserve the global potential of different beverage qualities, emphasizing different flavors/aromas. Besides, continuous training in good farming practice (GFP) and post-harvesting, grading/tasting/roasting courses on roasted/ground coffee and espresso allow better marketing of different coffees to national/international markets, retail chains or directly to consumers, improving economic sustainability. Achieving higher levels of sustainability is a continuous process and depends on the global acceptance by the different actors involved in the production chain and the consumer market. Only with awareness among the actors involved and adequate remuneration of higher coffees will rural households continue to be stimulated to remain on farms, producing high quality coffee, preserving the environment, and generating employment and income in rural areas in the mountains of Espírito Santo.

Keywords: Sustainable coffee. Coffee crops management. Arabica coffee quality. Small farmers' life quality. Steep sloped coffee fields.

¹ Engenheiro Agrônomo, Esp. Café, Extensionista do Incaper, fabianotristao@incaper.es.gov.br

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Ecologia de Ecossistemas, Extensionista do Incaper

³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Extensionista do Incaper

⁴ Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Extensionista do Incaper

⁵ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Entomologia, Pesquisador do Incaper

INTRODUÇÃO

A cultura do café é a principal atividade agrícola do Estado do Espírito Santo, sendo a espécie arábica (*Coffea arabica* L.) cultivada predominantemente em áreas declivosas com altitudes entre 600 e 1.200 m. São 26.313 propriedades rurais, cerca de 53 mil famílias, produção média anual de 3 milhões de sacas (60 kg) em área superior a 150 mil ha, em 49 municípios de três mesorregiões do Espírito Santo (Montanhas, Caparaó e Noroeste), com produtividade média esperada de 28,78 sacas/ha e produção total de 4,507 milhões de sacas em 2019 (CONAB, 2018). É a principal atividade econômica de 80% dos municípios (SCHIMIDT; DE MUNER; FORNAZIER, 2004; CONAB, 2018; KROHLING et al., 2018a). Ocupa aproximadamente 13% da área cultivada com café arábica do Brasil e cerca de 2% da área mundial, necessita de uso intensivo de trabalho durante todo o ano, gerando emprego e distribuindo renda (BARBOSA et al., 2012), com importante função socioeconômica. A produção de cafés de qualidade superior (bebida dura ou superior) tem destaque, respondendo por cerca de 1 milhão de sacas anuais, e os cafés especiais – notas superiores a 80 pontos (SCAA, 2008) – atingiram 300 mil sacas anuais.

Apesar da disponibilidade de tecnologias existentes no contexto da cafeicultura brasileira, ainda encontramos problemas de competitividade gerados para os cafés arábicas produzidos em regiões declivosas e em diversas fases do sistema produtivo. Os desafios a serem superados nessa cafeicultura estão relacionados ao relevo acidentado que dificulta o uso de máquinas e até mesmo de mão de obra manual, onerando custos de produção e colheita, a conservação dos solos e águas e o aumento da produtividade e da produção de cafés superiores de forma competitiva e sustentável.

Outros desafios estão na busca do equilíbrio na distribuição da renda ao longo da cadeia produtiva, agregação de valor ao produto com abertura de novos nichos para cafés especiais, promoção do consumo do café e seus derivados, incentivo ao associativismo para comercialização, principalmente de cafés superiores, certificação e rastreabilidade da produção

e diminuição da dependência das famílias rurais em relação à cafeicultura através da diversificação e aumento de suas fontes de renda (SCHIMIDT; DE MUNER; FORNAZIER, 2004; DE MUNER et al., 2017). As tendências da cafeicultura de arábica nas Montanhas e no Caparaó Capixaba têm que obrigatoriamente elevar seus patamares de sustentabilidade. Também precisa melhorar a mecanização sem, entretanto, acarretar riscos ambientais em áreas declivosas onde essa cafeicultura está implantada.

A SUSTENTABILIDADE

Os conceitos de sustentabilidade econômica, ambiental e social demandam a adaptação de tecnologias e a realização de ações de pesquisa, inovação, assistência técnica e extensão rural. Têm como base a implantação das boas práticas agrícolas de produção (BPA), colheita e pós-colheita, com foco na melhoria dos processos e maximização dos lucros, com preservação ambiental e melhoria da qualidade de vida no meio rural (DE MUNER, 2012). Espera-se que os cafeicultores e suas propriedades atinjam progressivamente níveis mais elevados nos diversos patamares de sustentabilidade, com impactos diretos na melhoria da produtividade e qualidade da bebida dos cafés regionais; que os riscos socioambientais sejam reduzidos e se consolide a identidade (Indicações Geográficas - IG) do “Café das Montanhas” e do “Café do Caparaó”. Dessa forma, a cafeicultura capixaba de arábica será mais competitiva e capaz de atender à crescente demanda dos mercados interno e externo por cafés superiores e diferenciados (KROHLING et al., 2018a).

O conceito de crescimento econômico é confundido com o de desenvolvimento sustentável. Este não é conceito acabado, mas ideia do estágio socioeconômico e político de determinada comunidade, e sustentabilidade diz respeito à capacidade de suporte da biosfera com objetivo de garantir sua preservação (DE MUNER et al., 2017). Sustentabilidade envolve produção de bens e serviços e integra o sistema produtivo. Pressupõe enfatizar o uso de fontes renováveis de energia,

busca rendimentos com utilização de práticas de manejo, como as BPA para eficiência do sistema de maneira a satisfazer as necessidades das gerações presentes e futuras. O desenvolvimento sustentável na agricultura deve proporcionar preservação ambiental através da conservação da água, do solo e dos recursos genéticos vegetais e animais, deve ser socialmente aceitável e economicamente viável, tomando-se por base, principalmente, as dimensões ecológica, econômica e social. Tecnologias e processos utilizados nas BPA do sistema produtivo devem levar à contínua melhoria da qualidade de vida (DE MUNER et al., 2017).

A Associação Brasileira da Indústria de Café (Abic) lançou em 2007 o 'Programa Cafés Sustentáveis do Brasil' no mercado brasileiro, visando o consumo consciente de produtos com comprovado respeito à sustentabilidade. Seu selo garante que mais de 60% do *blend* para cafés superiores e *gourmets* sejam oriundos de seus parceiros sustentáveis. Tem como objetivo contribuir para que práticas sustentáveis de produção e comercialização do café ganhem escala entre os interessados (*stakeholders*). Também visa a redução dos impactos ambientais, efeitos das mudanças climáticas e perda da biodiversidade. Além disso, promove o aumento da quantidade de "café sustentável" para atender à demanda e promover a melhoria da qualidade de vida no meio rural (ABIC, 2015; SCP, 2015).

O Currículo de Sustentabilidade do Café (CSC) do Programa Café Sustentável e suas respectivas ações é detalhado por De Muner et al. (2017). Essa vertente vem sendo trabalhada na Região das Montanhas do Espírito Santo desde o ano de 2006, com definição de critérios socioambientais para avaliação da sustentabilidade nas propriedades familiares e acompanhamento da implantação, evolução e custos do processo (DONNA et al., 2007, 2008; FORNAZIER et al., 2008, 2009; DE MUNER; FORNAZIER; SCHIMIDT, 2009).

Com objetivo de disponibilizar assistência técnica, extensão rural e pesquisa integrada e com foco na sustentabilidade da cafeicultura do Espírito Santo, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e

Extensão Rural (Incaper), juntamente com parceiros da iniciativa privada e pública, lançou, no ano de 2018, o Programa Cafeicultura Sustentável, cujas ações estão baseadas no currículo de sustentabilidade (DE MUNER et al. 2017), focado nas BPA, proteção ambiental e bem-estar social, abrangendo municípios produtores de café do Estado do Espírito Santo.

A sustentabilidade energética, social, ambiental e econômica de sistemas de produção de café arábica foi estudada na Região das Montanhas do Espírito Santo (DE MUNER, 2012; DE MUNER et al. 2015, 2018) e demonstrou que o sistema orgânico de produção foi o mais sustentável ambiental e energeticamente; entretanto, o sistema de BPA apresentou melhor retorno global, com destaque para a vertente econômica. O conjunto das boas práticas tecnológicas de produção, colheita e pós-colheita do café arábica têm sido desenvolvidas e difundidas pelo sistema de pesquisa e assistência técnica para implantação e condução das lavouras cafeeiras nessa região. São elas a seleção de cultivares apropriadas às diferentes altitudes e comprovação de seu potencial de bebida, adequação das lavouras para implantação do microterraceamento, implantação da colheita semimecanizada, classificação e prova dos diferentes cafés produzidos nas mesorregiões do Espírito Santo. Ainda, são realizados desenvolvimento e capacitação de cafeicultores familiares para identificação da qualidade de seus cafés e em processos de pós-colheita para melhoria da qualidade, treinamento contínuo de profissionais das iniciativas pública e privada para produção de cafés sustentáveis, palestras motivacionais, realização de mostras e eventos locais e regionais, além de treinamentos práticos de campo e pós-colheita para capacitação de técnicos e cafeicultores.

Sendo assim, a adoção das BPA permite elevação gradativa dos patamares de sustentabilidade, de acordo com as necessidades e possibilidades de investimento dos cafeicultores, principalmente na agricultura de base familiar (DE MUNER, 2012; DE MUNER et al., 2015, 2018).

BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS

USO DE CULTIVARES APROPRIADAS

O aparecimento da ferrugem, a partir de 1970, motivou nova ênfase nos programas de melhoramento do Instituto Brasileiro do Café (IBC), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Universidade Federal de Lavras (Ufla) e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig). A partir de 1990, houve incremento na introdução de novas cultivares resistentes à ferrugem, principalmente oriundas do cruzamento de híbrido de Timor e *Coffea canephora* com cultivares já estabelecidas de *Coffea arabica*, tais como Catuaí, Mundo Novo, Bourbon e Caturra. Nas últimas oito décadas, os órgãos de pesquisa do Brasil promoveram avanços significativos no melhoramento genético do cafeeiro (Quadro 1). Esse trabalho culminou com o lançamento de centenas de variedades cadastradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (MEDINA FILHO; BORDIGNON; CARVALHO, 2008), com expressivo aumento na produtividade e incorporação de resistência/tolerância à ferrugem (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005; FAZUOLI et al., 2007; MARTINEZ; TOMAZ; SAKIYAMA, 2007; CARVALHO et al., 2010; MATIELLO et al., 2016).

As diferenças entre as características edafoclimáticas das regiões de produção geram diferentes respostas pelas plantas, levando em consideração a interação genótipo x ambiente, e permitem a seleção de cultivares mais adaptadas para condições específicas de cultivo (PINTO et al., 2012; MATIELLO et al., 2016). Entretanto, a maioria dos plantios de café no Brasil ainda utilizam cultivares suscetíveis à ferrugem. Nos últimos 10 anos, houve aumento significativo da procura por sementes de cultivares tolerantes/resistentes a essa doença e com boa adaptação, produtividade e qualidade de bebida. Cultivares de café arábica com essas características diminuem riscos de intoxicação do aplicador e do ambiente, além de reduzir custos de produção pela diminuição da necessidade de uso de fungicidas (CARVALHO et al., 2012; MATIELLO et al., 2016). Isso

possibilitou a melhoria da produtividade, manutenção da qualidade e diversificação dos perfis sensoriais e organolépticos das bebidas, pois a qualidade do café é característica altamente complexa, com variabilidade na composição química de grãos e nas características organolépticas (CARVALHO et al., 2011). Embora qualquer cultivar de café arábica possua potencial para produção de café superiores (GIOMO; BOREM, 2011), a evolução do mercado mundial de cafés especiais lança o desafio da busca de padrões sensoriais mais elevados no melhoramento genético, aliado à alta produtividade e resistência a doenças.

Ciclo de maturação é outra característica importante a ser observada, pois pode variar de muito precoce a muito tardio. Além dos fatores genéticos, as condições ambientais da região de cultivo, tipo de solo, face de exposição, nutrição e mesmo agentes bióticos podem interferir na época de maturação dos frutos (GUERREIRO-FILHO et al., 2008; FAGAN et al., 2011). Assim, uso de cultivares com diferentes épocas de maturação permitem escalonar a colheita, otimizar a mão de obra e as estruturas de pós-colheita, aumentando a possibilidade da produção de cafés de qualidade superior. A implantação/renovação dos talhões é importantíssima etapa e deve fazer parte do planejamento da propriedade.

Após o lançamento de uma cultivar, é importante sua introdução nas diversas regiões para avaliação de sua adaptação edafoclimática. A escolha da cultivar deve levar em consideração características genéticas, perfil do produtor, adaptação à região e ao sistema de plantio e o planejamento do manejo da lavoura. Características agronômicas como: produtividade, vigor vegetativo, capacidade de recuperação após poda, porte, resistência/tolerância às doenças e época de maturação também devem fazer parte na escolha para permitir maior rendimento produtivo e diminuição do custo de produção.

Quadro 1. Três fases dos avanços no melhoramento genético do cafeeiro arábica no Brasil

1ª FASE: Introdução do café no Brasil (décadas de 1720 a 1930)					
Ano	Cultivares				
	Typica	Arábica	Comum	Crioula	Nacional
					Mutações naturais
1859	Bourbon Vermelho	Amarelo de Botucatu - 1871 (São Paulo)			
	(Ilha de Reunião)	Maragogipe - 1870 (Bahia)			
1896	Sumatra	Bourbon A. (Bourbon Vermelho x Amarelo de Botucatu)			
	(Ilha de Sumatra)	Caturra Vermelho e Caturra Amarelo			
2ª FASE: Criação da seção de genética - IAC (décadas de 1940 a 1970)					
1943	Mundo Novo (MN) (Sumatra x Bourbon Vermelho)				
1949	Cruzamentos Caturra Amar. x Mundo Novo = Catuaís				
1950	Cruzamentos interespecíficos: <i>Coffea arabica</i> x <i>Coffea canephora</i> = Icatu				
1960	MGS Travessia= Catuaí x MN				
1970	Plantios de Catuaí Amar. e Catuaí Verm.				
3ª FASE: Desenv. de cvs resistentes/tolerantes à ferrugem (décadas de 1970 a 1990)					
	Órgãos de pesquisa: IAC, IBC, Epamig, UFV, Iapar				
1970	Cruzamento Caturra x Vila Sarchi ou Híbrido de Timor = Sarchimores e Catimores				
	Ex. de Sarchimores: Iapar 59, Obatã, Tupi, Arara, Tupi RN				
	Ex. Catimores: Katipô, Oeiras, Paraísos, Catiguãs, Pau-Brasil, Sacramento e Araponga				
	Cruzamento <i>C. racemosa</i> x <i>C. arabica</i> (Blue Mountain) x Retrocruzamento MN = Siriema				
1982	Cruzamento Sarchimor x MN = Acauã				
1985	Cruzamento Catimor x Icatu = MGS Aranãs				
1986	Cruzamento Catuaí x Icatu = Catuaís Amarelo e Vermelho				
1995	IPR 98 e 99 (Sarchimores); IPR 100 (Catuaí x (Catuaí x BA-10)); IPR 102 (Catuaí x Icatu)				
	IPR 103 e IPR 106 (Catuaí x Icatu); IPR 107 (Iapar 59 x MN)				
	Acaí Cerrado MG 1474 (Seleção do Mundo Novo)				
1995	Rubi, Topázio, Travessia, Ouro Verde e Ouro Bronze				
	MN x Catuaí x Ret. MN				

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008); Matiello et al. (2016).

Nota: IAC = Instituto Agrônomo de Campinas; IBC = Instituto Brasileiro do Café; Epamig = Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; UFV = Universidade Federal de Viçosa; Iapar = Instituto Agrônomo do Paraná.

As cultivares Catuaí 785-15 (maturação muito precoce), Tupi IAC 1669-33 (maturação precoce), Catuaí Amarelo 2 SL (Sel. CAK), Sabiá cv. 708, Catuaí Amarelo 24/137 cv. 250, Catuaí Vermelho 24/137, IBC-Palma 2 (Fruto grande), Catuaí-açu (fruto grande), Catuaí Amarelo 24/137 (Sel. CAK)' (maturação média), Catuaí Vermelho 19/08 cv. 380, Arara (Sarchimor

Amarelo) (maturação tardia), Acauã e Obatã vermelho IAC 1669-20 (maturação muito tardia) se destacaram pela produtividade na Região das Montanhas do Espírito Santo. Esses materiais genéticos também apresentam resistência/tolerância à ferrugem e são boas opções para plantio em áreas novas ou de renovação em condições de altitudes elevadas. Ainda

possuem alto vigor vegetativo e permitem obtenção de maiores produtividades sem uso de controle químico da ferrugem (KROHLING et al., 2018c).

Na região do Caparaó capixaba, foram testadas 16 cultivares de café arábica sob condições de espaçamento adensado (2,0 m x 0,6 m). Se sobressaíram as cvs Katipó, Oeiras MG 6851, Tupi RN (maturação precoce), o Híbrido H 419-3-3-7-16-4-1-1, Catiguá MG2, Catiguá MG3 e Catucaí Amarelo 24/137 (maturação média), Catuaí Vermelho IAC-144 e Catuaí 44 (maturação tardia) e Acauã (maturação supertardia). As cultivares/progênes Catucaí Amarelo 24/137, Híbrido H 419-3-3-7-16-4-1-1 e os Catuaís Vermelhos IAC-144, IAC-44 e IAC-81 mostraram incidência de ferrugem superiores a 50%. O maior rendimento de café maduro/café seco foi observado para a 'Katipó' e o menor para a 'Sacramento' (SOBREIRA et al., 2018a). Grãos maiores foram colhidos nas cultivares Katipó, Oeiras MG 6851 (maturação precoce), Catucaí Amarelo 24/137, Araponga MG1 (maturação média), Catuaís V. IAC-44, IAC-144 e IAC-81 (maturação tardia) e Acauã (maturação muito tardia) (SOBREIRA et al., 2018b). Assim, os cafeicultores têm à disposição diversas cultivares com características agrônomicas superiores aos padrões Catuaís Amarelo e Vermelho, que são suscetíveis à ferrugem e ainda predominantes nos cultivos no Espírito Santo.

Outros materiais genéticos continuam a ser avaliados (de 6 a 17 safras consecutivas) nessas regiões, mostrando que cultivares com resistência/tolerância à ferrugem têm produtividades mais elevadas que os Catuaís Vermelhos e Amarelos (KROHLING et al., 2017). Entretanto, devido às extremas variações de altitude e microclima nessas duas regiões do Espírito Santo, existe a necessidade de seleção de cultivares em outras localidades, com características edafoclimáticas diferentes. As cultivares do grupo do Catuaí Vermelho e Amarelo são promissoras nas regiões cafeeiras do Estado de Minas Gerais, com estabilidade, adaptabilidade e produtividade em ambientes favoráveis e desfavoráveis (BOTELHO et al., 2010). Carvalho et al. (2012) testaram o desempenho agrônomico

de cultivares de café resistentes à ferrugem e verificaram que várias delas foram promissoras e apresentaram estabilidade e adaptabilidade, independentemente do ambiente.

MECANIZAÇÃO NA CAFEICULTURA DE MONTANHA

Aliado ao penoso trabalho manual exigido pela cafeicultura em regiões de montanha, constata-se escassez e alto custo da mão de obra local. Assim, os cafeicultores são forçados a buscar trabalhadores em outras regiões, aumentando o custo de produção. O elevado custo de produção é um dos maiores problemas da cafeicultura de montanha do Espírito Santo (GALEANO; KROHLING, 2018). A declividade do terreno dificulta a mecanização tradicional com equipamentos tratorizados. Para contornar esse problema, pode-se adaptar o terreno, o manejo da lavoura ou ainda as máquinas à situação de declive das áreas.

O microterraceamento é alternativa para adaptação do terreno e consiste na abertura de terraços de 1,2 m a 1,5 m de largura entre as linhas do cafeeiro, que permitirão a entrada de microtratores com diversos implementos. Isso facilitará o plantio, tratos culturais e colheita, reduzindo custos de implantação e manutenção com a mão de obra manual (CNA, 2015).

Outro ponto a ser considerado é a adaptação do manejo das plantas, permitindo uso de mecanização com máquinas automotoras para tratos culturais e colheita, a semimecanização dos tratos culturais e facilitando os tratos manuais (THOMAZIELLO; PEREIRA, 2008).

Diversos cafeicultores dessas regiões declivosas do Espírito Santo iniciaram a implantação dessa técnica com uso de trator de pneus com lâmina dianteira e traseira, trator de esteira e do tipo *Bobcat*, operando com concha e lâmina. Pequenos produtores podem, ainda, construir microterraços com tração animal ou realizar a abertura manual com enxadão (MATIELLO et al., 2016).

Como a introdução do uso de qualquer tipo de mecanização interfere no custo de produção da

lavoura, o estudo dessa prática e do custo a curto, médio e longo prazo é de suma importância para se tomar a decisão. Sua contribuição ao meio ambiente, quando adotada de forma correta, pode ser observada na maior infiltração da água da chuva, propiciando a conservação do solo, diminuindo a erosão e preservando as condições de fertilidade das lavouras (MAGALHÃES, 2013; EUTRÓPIO; KROHLING, 2018). Ainda, proporciona melhores condições de trabalho, mesmo quando realizada de forma manual nos tratos culturais como adubações, podas e colheita, com uso de motopodas e derriçadeiras portáteis, preservando a saúde e promovendo a qualidade de vida do trabalhador (KROHLING et al., 2018b).

Podas constantes nas lavouras têm sido muito utilizadas nas regiões do sul de Minas Gerais e no Cerrado (áreas mecanizadas) visando zerar a safra no ciclo de baixa produção. Esse sistema recebeu o nome de “Safra Zero” ou “Super Safra”, pois é preciso promover safras altas para obtenção de altas produtividades médias, alternada com a safra zerada pela intervenção da poda. Normalmente as podas de esqueletamento e decote são usadas simultaneamente na lavoura. Entretanto, esse modelo de manejo ainda é pouco utilizado nas regiões de montanhas de produção de arábica, devido à dificuldade de adaptação das máquinas ao terreno declivoso.

O bom rendimento da colheita semimecanizada em café arábica também foi constatado na Região das Montanhas do Espírito Santo, tanto em lavouras implantadas em curva de nível, quanto em ‘morro acima’ com uso de máquina recolhadora de lona. O sistema simultâneo de colheita semimecanizado com poda no sistema “Safra Zero” na região de montanhas pode ser aplicado para reduzir custos e facilitar a colheita (KROHLING; SOBREIRA, 2018). Alves, Pereira e Dalchiavon (2017) realizaram estudo de caso com uso de terraceamento na Região de Montanhas de São Paulo e concluíram sua viabilidade econômica, principalmente pela redução do custo de produção, por meio da diminuição da mão de

obra, tanto nos tratos culturais como na colheita. Estudo realizado por Bordin et al. (2019) em lavoura de primeira safra, comparando a colheita manual e mecanizada, mostrou que os danos causados pela colheita manual ou mecânica não interferem na produção da safra seguinte.



Figura 1. Vista geral (A) e detalhe (B) de microterraceamento em lavoura de café arábica, em Marechal Floriano, ES.

Fonte: Fotos de Cesar Abel Krohling.

TÉCNICAS DE MANEJO ALTERNATIVO

O zoneamento agroecológico é o primeiro passo para implantação das lavouras. Assim, as mais adequadas técnicas podem ser programadas dentro do planejamento dos talhões. Um vasto conjunto de técnicas que levam à menor dependência de insumos externos e de agroquímicos vem sendo colocado à disposição dos cafeicultores da Região das Montanhas e do Caparaó Capixaba. Entre elas, cita-se a escolha da localização adequada das lavouras nas propriedades; o correto preparo da área; o uso de cultivares mais resistentes/tolerantes a pragas e doenças, vigorosas e de diferentes ciclos de maturação; espaçamentos e densidades de plantio mais adequados à arquitetura de cada variedade; calagem e adubações química e orgânica baseadas em análises de solo e de folha. Ainda, podas planejadas de acordo com o ciclo das plantas; práticas de conservação dos solos e da água; manejo ecológico de plantas espontâneas e de pragas e doenças, da irrigação e da colheita e pós-colheita fazem parte das tecnologias que vêm sendo colocadas à disposição dos cafeicultores da Região das Montanhas e Caparaó Capixaba. Esse conjunto de técnicas levam à menor dependência de insumos externos e de agroquímicos.

O principal inseto-praga do café no Espírito Santo é a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867), que pode provocar significativos danos à safra cafeeira e à qualidade do café em anos favoráveis ao seu desenvolvimento populacional (DE MUNER *et al.*, 2000). A principal recomendação para seu manejo em sistemas sustentáveis é a adoção de práticas mais adequadas à manutenção da biodiversidade, preservando e incrementando a população de inimigos naturais e o equilíbrio do sistema através do controle cultural com retirada de todos os frutos da planta e aqueles caídos ao solo, a colheita bem-feita e o repasse (FORNAZIER *et al.*, 2000). O controle biológico por meio da liberação de inimigos naturais nas lavouras (BENASSI, 1989) também pode ser alternativa ao controle químico.

Novas moléculas químicas têm sido desenvolvidas e registradas pela indústria para o controle da

broca-do-café. Entretanto, para que elas sejam eficientes é necessário o monitoramento sistemático da população, através de amostragem de frutos e inspeção de seu ataque ou com uso de armadilhas com cairomônio (etanol + metanol). Esse sistema de armadilhas atrai os insetos adulto-fêmeas, permite monitorar sua população e a tomada de decisão sobre a necessidade de intervenção química nos talhões onde a incidência da praga ultrapassar o nível de controle (3% - 5%). A época mais adequada para instalação das armadilhas é a partir de meados de outubro, quando se inicia o período de trânsito dos insetos adultos. Nesse momento, a broca-do-café ainda não realizou a oviposição e não causou danos diretos, devido ao estágio de crescimento dos frutos não permitir o desenvolvimento de suas larvas. Assim, o correto uso da intervenção química nessa época pode evitar novas aplicações durante fases mais avançadas de desenvolvimento dos grãos. O aumento do número de armadilhas na área poderá dispensar o uso de pesticidas (FORNAZIER *et al.*, 2017).

A produção de café pode ter seus níveis de sustentabilidade melhorados com a substituição das entradas energéticas não renováveis por outras de menor custo energético, como biocombustíveis e fertilizantes orgânicos. Existe uma série de ações que permitem combinar os aspectos energéticos com os requerimentos nutricionais do café; se adotadas em conjunto, podem melhorar a sustentabilidade do cultivo de forma global. Uma delas está no cultivo de espécies leguminosas para adubação verde visando incremento nutricional no sistema, principalmente de nitrogênio (N), altamente limitante da conversão energética e, na maioria das vezes, obtido por meio de fontes energéticas não renováveis (DE MUNER, 2008).

Outra forma seria a utilização adequada dos subprodutos originados do processamento do café, como a palha e a água residuária da lavagem e despulpamento do café, na maioria das vezes, utilizada de forma inadequada. Elas têm sido importantes para equilibrar a relação custo/benefício no aumento da produtividade do café,

racionalizando as quantidades de adubo utilizadas. O uso da compostagem orgânica e da palha de café é prática recomendada e visa o aproveitamento dos resíduos orgânicos na propriedade, em substituição parcial da adubação química (BRAGANÇA et al., 1995; ARAUJO et al., 2007; SILVA et al., 2013).

O uso de adubos verdes e manejo de leguminosas nas entrelinhas do café é outra prática que pode ser utilizada e proporciona produção de massa verde e aporte de nutrientes ao solo (RICCI; ARAÚJO; FRANCH, 2002; MOURA et al., 2005; ARAUJO et al., 2013, 2014; CARDOSO, 2013), reduzindo custos com insumos externos, a temperatura do solo e melhorando a retenção de água e a diversidade. Ainda, proporcionam proteção contra erosão laminar e promovem a ciclagem de nutrientes entre as camadas de solo (BALOTA; CHAVES, 2011). Entretanto, um dos principais desafios para o uso de adubos verdes em consórcio com o cafeeiro está em estabelecer o manejo adequado para ambas as espécies e sincronizar a disponibilização de nutrientes da adubação verde com a demanda do cafeeiro (ARAUJO, 2015).

Uma das estratégias para escolha de espécies vegetais para cobertura de solo é a biodiversidade. Há casos de grandes áreas com monocultura de lavouras perenes em manejo biodinâmico, onde o princípio da biodiversidade é atendido por meio do plantio anual de 15 espécies vegetais nas entrelinhas das plantas comerciais, como oportunizado pelo ‘coquetel biodinâmico’ (Informação verbal)⁶. Na Região das Montanhas do Espírito Santo, têm sido selecionadas espécies vegetais para cobertura de solo para as épocas de outono-inverno e primavera-verão, tais como espécies de crotalária, feijão-de-porco, girassol, guandu-anão, milheto, espécies de mucuna, espécies de aveia e ervilha-forrageira, caupi, mamona, sorgo-forrageiro, lablab, milho porte alto (‘ES-204 Imperador’) e outras para serem usadas nesse coquetel que permite aumento da biodiversidade (ANGELETTI et al., 2018; SOUZA et al., 2018) e podem ser semeadas na entrelinha de cafeeiros em formação e naqueles submetidos à poda.



Figura 2. Centeio e aveia-preta em fase de florescimento e formação de grãos (A); feijão-de-porco (B) e *Crotalaria ochroleuca* (C) com potencial de múltiplos benefícios em lavoura de café arábica, em Santa Maria de Jetibá, ES.

Fonte: Angeletti et al. (2019).

⁶Informação fornecida por Maria da Penha Angeletti em 2019.

MERCADO E PRODUÇÃO DE CAFÉS SUPERIORES

Para ser considerado especial pelo mercado de café, os grãos devem ser isentos de impurezas e defeitos e possuir atributos sensoriais diferenciados, como bebida limpa e doce, corpo e acidez equilibrados, que permitam qualificá-la acima dos 80 pontos na análise sensorial (SCAA, 2008). Ainda, devem ter rastreabilidade certificada e respeitar critérios de sustentabilidade em todas as etapas de produção (BSCA, 2018). O consumo de cafés especiais cresceu 19% em 2018, no Brasil, movimentando 705 mil sacas e 2,6 bilhões de reais. Entre as razões para o crescimento desse mercado, está o maior envolvimento do brasileiro com café especial e o aumento do número de cafeterias *gourmets*. Existem cerca de 13 mil estabelecimentos que vendem esses cafés no Brasil e a maioria se dedica mais à experiência de tomar café do que à simples venda de produtos, oferecem cursos de preparo com variadas origens de café, com presença constante de baristas renomados (ABIC, 2019).

Esse crescimento tem sido impulsionado pela chamada terceira onda do café, compreendida como movimento no mercado de cafés especiais, marcado por significativa mudança de percepção do produto. O café passou a ser considerado tão ou mais complexo que o vinho, sendo sazonal, exclusivo, singular e pautado pela busca e trabalho conjunto por uma qualidade excepcional em todas as etapas da cadeia produtiva, desde a produção dos grãos até o consumo final da bebida. No conceito da terceira onda, a comercialização é realizada de forma direta entre o cafeicultor e o consumidor, preferencialmente de microlotes, com valorização da qualidade de bebida, origem e sustentabilidade da produção (GUIMARÃES, 2016).

Toda essa evolução no mercado de cafés especiais lança o grande desafio para a pesquisa brasileira, isto é, desenvolver e combinar tecnologias que possam dar suporte ao cafeicultor para produção com sustentabilidade, em consonância com exigências de qualidade e segurança do alimento demandadas pelo mercado.

Os cafeicultores de arábica do Espírito Santo têm aumentado sensivelmente a comercialização direta de lotes, micro e nanolotes de cafés diferenciados com cafeterias nacionais e internacionais e compradores especializados ao redor do mundo. Tem-se constatado, também, aumento na demanda por avaliação sensorial dos cafés do Espírito Santo, por salas de degustação, bem como por participação de produtores em concursos estaduais e nacionais de café. Verifica-se, ainda, as constantes capacitações desses agricultores em BPA, processos de avaliação da sustentabilidade e, principalmente, em classificação, degustação e processos de torra de café.

Essas práticas têm permitido o conhecimento necessário para processamento artesanal e comercialização direta de grãos torrados e moídos e para café expresso, devidamente embalados, aos consumidores e estabelecimentos comerciais. Entretanto, é necessário o fortalecimento do marketing dos cafés brasileiros por meio de ações que possam dar mais visibilidade às características dos cafés de diferentes origens.

Aspectos edafoclimáticos x qualidade do café arábica

O Brasil possui grande variação nas condições edafoclimáticas das regiões produtoras de café arábica, com altitudes que predominantemente vão de 500 m a 1.200 m, diversidade de solos e relevo variando de acidentado (Região das Montanhas do Espírito Santo) a plano (Cerrado Mineiro). O cultivo é realizado em diferentes faces de exposição ao sol que sofrem a influência da temperatura, umidade relativa do ar, níveis de irradiação e precipitação. Esses fatores podem alterar a resposta fisiológica da planta e a constituição química dos grãos.

O nível de irradiância solar influencia as características fisiológicas das plantas de café, fazendo com que criem mecanismos de adaptação. Como consequência, observa-se interferência sobre a quantidade e qualidade dos frutos produzidos (DA MATTA; RENA, 2002). Consequentemente, influenciam a qualidade final da bebida, resultado das inteirações desses fatores com as cultivares, manejo da cultura e práticas de colheita e pós-colheita.

Em cafés de Minas Gerais, foi observado que quanto maior a altitude, maior a nota na avaliação sensorial. Entretanto, em maiores latitudes, a influência da altitude na qualidade do café é menor (BARBOSA et al., 2012). Na Região das Montanhas do Espírito Santo, foi constatada influência positiva do aumento de altitude (700 m a 1.100 m) sobre a melhoria da qualidade final das cvs Rubi, Catuaí Vermelho IAC 44 e Catuaí Vermelho IAC 81. Entretanto, 24 cultivares de café testadas na Região das Montanhas do Espírito Santo (800 m) apresentaram potencial para produção de cafés especiais acima de 82 pontos (escala SCAA) nessas diferentes altitudes (SCAA, 2008; FERRÃO et al., 2009; KROHLING et al., 2018c).

A face de exposição do cafeeiro ao sol também tem mostrado influência sobre a produtividade e qualidade do café. Cafés arábicas produzidos em regiões com temperatura média elevada sofreram efeito deletério quando cultivados em face de exposição oeste, onde foi constatada maior insolação (MATIELLO et al., 2004). Entretanto, essa maior insolação observada nessa face mostrou-se favorável à produtividade e qualidade desses mesmos cafés produzidos na região da Zona da Mata de Minas Gerais, onde a temperatura média é menor (ALVES et al., 2004). A melhoria da qualidade do café com aumento na altitude pode ser relacionada principalmente à diminuição da temperatura média e dos níveis de oxigênio da atmosfera, fazendo com que o processo respiratório fique mais lento, alongando o ciclo de desenvolvimento e proporcionando maior acúmulo de açúcar do fruto (ENSEI, 2018).

Essas diferentes características organolépticas conferem valor diferenciado aos diversos tipos de bebida do café (FERNANDES et al., 2003; TRISTÃO et al., 2017). A qualidade intrínseca (aroma, acidez, amargor, corpo, sabor e impressão global da bebida) é formada por atributos sensoriais, bem como as diversas nuances que possam apresentar, cada vez mais exploradas e valorizadas pelo mercado de cafés *gourmets* ou especiais. Pelas sensações e percepções proporcionadas (SCAA, 2008), promovem

agregação de valor e sustentabilidade econômica das propriedades (BORÉM, 2012), principalmente de agricultores familiares.

Esse panorama tem se tornado frequente na produção de cafés no Caparaó e na Região das Montanhas do Espírito Santo. Concursos de qualidade realizados por instituições públicas (Incaper, Prefeituras Municipais) e privadas (Illy Café, Ueshima Coffee Company e Real Café) têm destacado o real potencial do Espírito Santo como produtor de cafés diferenciados e raros. Diante da crescente demanda pelo mercado mundial de cafés especiais com perfis sensoriais diferenciados, torna-se um grande desafio para a pesquisa avaliar as interações entre diferentes genótipos com o clima e manejo das lavouras, em diferentes regiões produtoras de café arábica no Brasil.

Colheita e produção de cafés especiais

O processo de maturação do fruto tem início com aumento da atividade respiratória, síntese de etileno, metabolismo de açúcares e ácidos, degradação da clorofila e metabolismo de substâncias responsáveis pela mudança da coloração da casca. Também ocorre redução da adstringência e síntese de compostos voláteis, tais como aldeídos, ésteres, cetonas e álcoois (CARVALHO; CHALFON, 1985).

O fruto maduro é a matéria-prima para produção de cafés especiais. Nesse estágio, ele apresenta maior peso, teores de açúcares e atividade da polifenoloxidase, baixos teores de compostos fenólicos totais, cafeína e lixiviação de potássio. Diferentemente, o fruto verde apresenta menores teores de açúcares, atividade da polifenoloxidase, peso e maiores teores de compostos fenólicos. Assim, a correta colheita é decisiva para obtenção de maior rendimento em cafés superiores (PIMENTA; VILELA, 2002). Deve-se otimizar a colheita de frutos maduros, desejáveis para produção de cafés superiores, devido à presença de frutos em vários estádios de maturação (verde, maduro, passa e seco) nas plantas. Para isso, a colheita deve ser, preferencialmente, seletiva, quando viável economicamente.

Esse processo é mais viável para agricultores familiares que tenham disponibilidade de mão de obra e comercializem microlotes de café direcionados a nichos de mercado com maior valor agregado. Entretanto, a forma economicamente mais viável é realizar a colheita por derriça manual ou mecanizada, iniciando com 80% dos frutos maduros. Deve-se mapear os talhões e iniciar por aqueles de maturação mais precoce.

A colheita deverá obrigatoriamente ser realizada na peneira ou no pano e o café colhido deverá ser acondicionado em sacos de rafia e mantido na sombra onde as temperaturas são mais amenas. Frutos de varrição, que podem apresentar processo de deterioração, nunca deverão ser misturados com o café colhido, em nenhuma das etapas da colheita e pós-colheita. O tempo máximo para que os frutos recém-colhidos cheguem à unidade de processamento é de 8 horas, para evitar fermentações indesejáveis (BRANDO, 2004).

Processamento e produção de cafés especiais

Os métodos de processamento pós-colheita de grãos de café empregados podem ser via seca, na qual o fruto é seco integralmente e dá origem aos cafés denominados coco ou terreiro, ou por via úmida, na qual a secagem dos frutos é feita sem a casca e origina os cafés cereja descascado ou cereja despolpado, podendo a mucilagem ser retirada parcial ou totalmente (SILVA *et al.*, 2001). A escolha do método é decisiva para a qualidade, pois é dependente das condições climáticas da região, disponibilidade de capital, tecnologias e equipamentos, exigências do mercado consumidor, outorga para uso da água e disponibilidade de tecnologia para tratamento das águas residuárias (BORÉM, 2008).

O processamento via seca ou natural consiste na secagem dos frutos sem a retirada da casca. Esse preparo não dispensa totalmente o uso de água, sendo indicado usar o lavador/separador, seguindo-se a secagem, o armazenamento e o beneficiamento (MATIELLO *et al.*, 2016). Algumas alterações químicas podem ocorrer durante

esse processamento e conferir características distintas aos cafés naturais, diferindo-os dos cafés processados via úmida (BORÉM, 2008). O processamento via seca possui a vantagem de precisar de menor investimento em infraestrutura e utilização de água, além de necessidade inferior de licenciamento ambiental. Entretanto, possui a desvantagem de necessitar maior tempo de secagem e menor padronização dos cafés, além de ocupar maior volume nos terreiros, secadores e armazéns. Em regiões com elevada umidade relativa do ar no período da colheita, o tempo de secagem pode chegar a 30 dias e fermentações indesejáveis podem ocorrer (TRISTÃO; FORNAZIER, 2019). A uniformidade de secagem e a qualidade final do café podem ser prejudicadas quando se misturam grãos verdes, maduros e secos, podendo resultar em lotes de bebida de qualidade inferior. A qualidade superior dos cafés naturais dependerá de colheita seletiva e realização da secagem de forma muito cuidadosa. Dessa forma, é possível produzir cafés acima de 80 pontos (SCAA, 2008).

No processamento via úmida, os grãos colhidos são conduzidos para moegas de recepção localizadas acima do lavador/separador e levados por gravidade para o abanador, onde é realizada a separação mecânica dos frutos, das impurezas mais leves (graveto, folhas e outros). Em seguida, os frutos são conduzidos para o lavador/separador para separação hidráulica por densidade do café mais leve (boia) dos cafés verde e maduro e retirada de outras impurezas mais pesadas. Depois, os grãos verdes e maduros são conduzidos para o descascador de cerejas. Nessa etapa, os grãos verdes são separados dos maduros e retirada a casca dos grãos maduros. Diversos cuidados deverão ser observados nessa etapa, como trabalhar com, no máximo, 20% de grãos verdes, não usar excesso de volume de grãos, selecionar peneira do separador de verde de acordo com tamanho dos frutos, regular o peso de retenção dos grãos verdes evitando a passagem desses grãos junto com os grãos descascados, regular o volume de água de maneira a otimizar o funcionamento do

equipamento para evitar consumo excessivo, realizar periodicamente a regulagem dos canais e cilindro do separador de casca e manter constantemente a higiene do equipamento. Nesse processo, pode-se remover a casca mecanicamente e a mucilagem por meio de fermentação biológica, resultando no café despulpado; também pode-se remover mecanicamente a casca e parte da mucilagem, resultando nos cafés cereja descascados (CD); além de remover mecanicamente a casca e a mucilagem, dando origem ao café desmucilado (BORÉM, 2008). Para o despulpamento dos grãos após a retirada da casca, deve-se encaminhá-los para tanques de alvenaria, onde permanecerão por período de 8 a 36 horas. Esse tempo é determinado pela temperatura ambiente, composição química da mucilagem, microbiota dos grãos, sistema de fermentação (com ou sem água) e qualidade da água usada no processo (PUERTA-QUINTERO, 2012).

Secagem com foco na produção de cafés especiais

Secagem pode ser definida como processo simultâneo de transferência de energia e massa entre o produto e o ar de secagem e consiste na remoção do excesso de água contido no grão de café por meio de evaporação, geralmente causada por convecção forçada do ar aquecido de modo a permitir a manutenção da qualidade durante o armazenamento (BROOKER et al., 1974). É processo tão importante que, se for mal feita, pode causar sérios prejuízos ao cafeicultor. Seca excessiva dos grãos provoca perda de peso, aumenta grãos quebrados durante o beneficiamento e aumenta os gastos com mão de obra, lenha e energia elétrica. Por outro lado, o café malseco, ainda úmido, tem seu valor depreciado devido ao mau aspecto (grãos manchados, esbranquiçados) e propicia má conservação no armazenamento, podendo proporcionar condições favoráveis à contaminação por ocratoxina (MATIELLO et al., 2016).

O método de secagem, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar no secador e tempo de secagem influenciam no processo e podem

comprometer a qualidade do produto final (BORÉM, 2008). Dependendo dos aspectos tecnológicos envolvidos, a secagem pode ser natural, realizada em terreiro ou artificial através de secadores mecânicos (SILVA et al., 2001).

A secagem em terreiro tem como principal vantagem seu baixo custo com energia, pois a fonte de calor é a radiação solar. Em condições favoráveis e manejo correto, proporciona produto de qualidade. É o método de secagem mais correto sob o ponto de vista ambiental por não utilizar queima de combustível. Entretanto, a qualidade final do produto pode ser comprometida se as condições climáticas forem desfavoráveis e aliadas ao manejo incorreto da secagem (BORÉM, 2008). Os terreiros devem ser construídos em áreas planas ou levemente onduladas, bem-ensolaradas e ventiladas, sempre que possível abaixo das lavouras e de instalações de recepção dos grãos e acima das instalações de armazenamento e beneficiamento (MATIELLO et al., 2016). Preferencialmente, devem ser de concreto, pois são mais eficientes e apresentam menores riscos de comprometimento da qualidade (SILVA et al., 2001).

Outra modalidade para secagem do café é o uso do terreiro suspenso. Nesse método, foi observada melhor qualidade em cafés descascados e despulpados comparativamente à secagem tradicional (MICHELI, 2000). Entretanto, constatou-se que a qualidade dependerá da origem da matéria-prima (variedade e local de produção), espessura de secagem e manejo durante o processamento. Assim, recomenda-se evitar generalizações quanto ao tipo de terreiro para se obter cafés de qualidade (BORÉM, 2008). No entanto, o maior período de secagem foi constatado nesse tipo de terreiro, quando comparado com os de concreto e lama asfáltica (HARDOIM et al., 2001).

Para proporcionar segurança e boa secagem dos grãos, pode-se utilizar a cobertura plástica do terreiro que melhora a eficiência de secagem e qualidade final de bebida, principalmente em locais de elevada umidade relativa do ar durante o período

de secagem. Na Região das Montanhas do Espírito Santo, em altitude de 850 m, grãos despulpados, naturais, naturais lavados e naturais verdes apresentaram melhora global de bebida em terreiro de concreto coberto que naquele sem cobertura, indicando a necessidade do uso adicional dessa tecnologia para a secagem e obtenção de maior qualidade dos grãos (TRISTÃO et al., 2016) (Tabela 1). Cuidados especiais devem ser adotados no uso da cobertura plástica devido aos riscos de se atingir temperaturas excessivamente elevadas e baixa aeração no seu interior. Para se contornar esse fator limitador, recomenda-se instalar o terreiro coberto em local de boa insolação e boa ventilação e ser dimensionado de acordo com a capacidade produtiva da propriedade. A estrutura pode ser construída de alvenaria, chapa metálica, PVC ou madeira, e a parte superior deve possuir forma de semicírculo. O pé-direito central deve ser de 4 m, e as laterais de 1,8 m de altura, com mecanismo de

aeração na parte superior e laterais da estrutura. A lona utilizada deve ser de PVC e ter pelo menos 150 micras. Terreiros suspensos ou de concreto podem ser construídos no interior dessa estrutura, onde também deve ser instalado termômetro digital para monitoramento da umidade relativa, temperatura média, máxima e mínima, no ambiente e na massa de grãos. O sistema de revolvimento eletrônico pode ser utilizado na secagem de café em terreiro de concreto com cobertura plástica. Constituído por haste metálica com rodos de borracha na horizontal fixada em trilhos localizados nas extremidades do terreiro, é movimentado por motor de 1,5 cv. e possui painel eletrônico para controle do intervalo de revolvimento. Possibilita automatização do processo de revolvimento da massa de grãos sem comprometer a qualidade final do produto, melhora a eficiência da secagem e reduz sensivelmente o uso de mão de obra no processo (TRISTÃO et al., 2018).

Tabela 1. Qualidade sensorial de bebida (escala SCAA) e tempo de secagem (dias) para diferentes tipos de café, em terreiro de concreto coberto e sem cobertura

Tipos de café	Terreiro coberto		Terreiro sem cobertura	
	Nota global	Tempo secagem	Nota global	Tempo secagem
Despulpado	86,69 a A	8,50 c B	70,88 a B	13,44 c A
Verde natural	70,59 b A	10,44 b B	64,00 b B	14,25 c A
Lavado natural	72,25 b A	11,44 a B	65,06 b B	16,19 a A
Natural	64,81 c A	11,69 a B	55,38 c B	16,44 a A

Nota: Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Tristão et al. (2016).

Manejo da secagem do café em pergaminho

Passo a passo para secagem dos grãos para obtenção de cafés superiores:

1º dia: O café descascado/despulpado deverá ser espalhado em camadas de 7 L/m²; 2º dia: Após perder a umidade externa, o café deverá ser espalhado em camadas de 14 L/m²; depois dessa etapa, deve-se espalhar o café em leiras de 2 cm

de altura; A partir da meia-seca (cerca de 25% de umidade), deve-se amontoar o café à tarde, em leiras de 50 cm e revolver a massa de grãos pelo menos 12 vezes ao dia durante todo o período de secagem. Após atingir 11% de umidade, os grãos deverão ser armazenados em pergaminho. O terreiro deve ser mantido sempre limpo e protegido para não permitir entrada de animais.

Secagem a altas temperaturas

Nesse sistema de secagem, é fundamental o controle da temperatura da massa de grãos até 40 °C para manutenção da qualidade. Temperaturas superiores promovem fusão desses corpúsculos em gotas grandes no espaço intracelular, indicando ruptura da membrana plasmática e das vesículas de óleo (BORÉM, 2008).

Os secadores mais usados são cilíndrico-rotativos, com ar aquecido e insuflado na câmara de secagem por eixo central, e os grãos movimentados pela rotação do secador. Para se obter cafés especiais, é preciso realizar a meia-seca em terreiro. O secador deverá receber carga homogênea com folga de 15 cm para permitir movimentação dos grãos; usar fornalha de fogo indireto, termômetro para aferir se a temperatura está atingindo pelo menos 50% do diâmetro do cilindro e operar por período de 2 horas com ar natural. Em seguida, aquecer o ar e não ultrapassar 40 °C na massa de grãos. Quando os grãos atingirem 30% de umidade, deverá ser observado período de descanso de 8 horas, à noite, permitindo migração da água para a extremidade dos grãos, melhorando a uniformidade de secagem e qualidade final do produto e reduzindo custo. No dia seguinte, a secagem deve ser reiniciada nas primeiras horas do dia, devendo o processo ser conduzido até o café atingir 11% de umidade. Deve-se evitar injúrias nos grãos, pois elas são responsáveis por defeitos físicos e aceleram o branqueamento dos grãos na fase de armazenamento devido a processos oxidativos (PIMENTA, 2003). A manutenção da higiene durante a secagem é fundamental para se obter cafés especiais (TRISTÃO; FORNAZIER, 2019).

Armazenamento de cafés especiais

A manutenção da qualidade final do café dependerá das condições de armazenagem. Nessa fase, os grãos podem mudar de cor, do verde-azulado ao amarelo-claro, conhecido como branqueamento (AFONSO JÚNIOR, 2001). O ambiente deve permanecer com umidade relativa do ar inferior a 70%, com menor temperatura possível e em ambientes com baixa

luminosidade, pois as luzes brancas e violeta-azul influenciam na cor e bebida dos grãos (LOPES et al., 2000; BORÉM, 2008). O teor de umidade ideal dos grãos durante o armazenamento deve ser de 11% para período de armazenamento mais prolongado (TEIXEIRA, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de tecnologias disponíveis para os cafeicultores e as capacitações continuadas realizadas nas BPA de campo e pós-colheita têm permitido que cafeicultores do Caparaó e da Região das Montanhas do Espírito Santo atinjam patamares superiores de desenvolvimento econômico, ambiental e social em suas propriedades.

Os recursos disponíveis têm sido mais bem aproveitados para otimização dos processos produtivos. Tecnologias constantemente disponibilizadas como cultivares mais produtivas, resistentes a pragas e mais bem-adaptadas às diferentes regiões agroecológicas de produção do Espírito Santo, sistemas de colheita semimecanizado, uso de implementos mais adaptados às condições declivosas, microterraceamento para lavouras implantadas e em implantação, manejo da vegetação e cobertura do solo, podas adequadas à arquitetura das cultivares e às regiões de cultivo, corretas adubações químicas e orgânicas utilizadas no sistema produtivo têm permitido elevar a produtividade e melhorar a ergonomia do processo produtivo.

Para se preservar o potencial das diferentes qualidades de bebida, ressaltando seus diferenciados sabores e aromas, é necessário se observar o adequado ponto de colheita, utilizar tecnologias para pós-colheita do café adaptadas a diferentes altitudes de produção, como formas e tempos diferentes para fermentação de diferentes tipos de café, além de usar sistema protegido para secagem dos grãos.

Capacitações continuadas em diversos pontos específicos das BPA de pós-colheita como tecnologia para produção dos tipos mais adequados de café adaptadas às diferentes realidades regionais e locais, treinamentos em classificação, degustação e ponto

de torra para café moído e expresso têm permitido ao cafeicultor do Espírito Santo melhor comercializar seus diferentes cafés para diferenciados mercados nacionais e internacionais, com redes varejistas ou diretamente para os consumidores.

A terceira onda do café tem tido significativa influência no aumento do consumo de cafés especiais, marcando a mudança de percepção dos consumidores e proporcionando experiências complexas na degustação de cafés de diferentes origens, aromas e sabores. Isso tem permitido agregação significativa de valor aos cafés especiais de diferentes regiões, através de vendas diretas de micro e nanolotes de café às cafeterias e do produto processado diretamente ao consumidor.

Atingir patamares superiores de sustentabilidade é um processo contínuo e dependente da aceitação global pelos diferentes atores envolvidos, sejam eles os cafeicultores, técnicos das iniciativas públicas e privadas, degustadores, empresas comerciais de insumos, compradores, baristas, entre outros. Somente com a conscientização das partes envolvidas em toda a cadeia, da produção ao consumo, e remuneração adequada de cafés superiores, as famílias rurais continuarão com estímulo para permanecer nas propriedades, produzindo cafés de qualidade cada vez melhor, preservando o meio ambiente e gerando emprego e renda no meio rural do Caparaó e da Região das Montanhas do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

- ABIC – Associação Brasileira de Indústria de Café. **Brasil avança na produção de cafés sustentáveis**. 2015. Disponível em: <http://www.redepeabirus.com.br/redes/form/post?topico_id=55121>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e da qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 373 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- ALVES, E. A.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; ZANDONADI, R. S.; SANTOS, N. T. Análise do efeito da face de exposição das plantas de café ao sol sobre a produção e maturação dos frutos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: Mapa/Procafé, 2004. p. 121-122.
- ALVES, E. L.; PEREIRA, F. A. C.; DALCHIAVON, F. C. Potencial econômico da utilização de micro-terraceamento em lavouras de café: um estudo de caso. **Revista iPecege**, v. 3, n. 1, p. 24-38, 2017. DOI: 10.22167/r.ipecege.2017.1.24.
- ANGELETTI, M. P.; LAURETT, L.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; COSTA, H.; FIDELES, T. V.; GOMES, S. A.; MUNIZ, E. S. **Qual futuro queremos para nossas terras agrícolas? E para o meio ambiente?** Santa Maria de Jetibá: STRSMJ/ Incaper, 2019. 15 p. (Série Calendários Temáticos, 9).
- ANGELETTI, M. P.; SOUZA, J. L.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; COSTA, H.; FAVARATTO, L. F.; MUZZI, E. M.; MUNIZ, E. S.; LAURETT, L.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; GUARÇONI, A. **Espécies vegetais para cobertura de solo**: guia ilustrado. Vitória: Incaper, 2018. 76 p. (Circular Técnica, 07-I, Incaper).
- ARAÚJO, I. Z. C. V. F. **Produtividade de cafeeiros adubados com fertilizantes orgânicos em consórcio com adubos verdes**. 2015. 65 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2015.
- ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J.; GUIMARAES, R. J.; CARVALHO, J. G. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na nutrição do cafeeiro em formação: teores foliares. In: SIMPOSIO SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindoia, SP. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2007. 5 p.
- ARAÚJO, J. B. S.; RODRIGUES, M. C.; RODRIGUES, L. B.; SANTOS, R. H. S.; MARTINEZ, H. E. P. Nitrogen fertilization of coffee: organic compost and *Crotalaria juncea* L. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p. 842-851, 2013.
- ARAÚJO, J. B. S.; RODRIGUES, L. B.; RODRIGUES, M. C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Adubação nitrogenada em cafeeiros com biomassa de feijão-de porco. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 336-346, 2014.
- BALOTA, E. L.; CHAVES, J. C. D. Microbial activity in soil cultivated with different summer legumes in coffee crop. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, n. 1, p. 35-44, 2011.
- BARBOSA, J. N.; BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. A.; MALTA, M. R.; ALVARENGA, A. A.; ALVES, H. M. R. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 5, p. 181-190, 2012.
- BENASSI, V. L. R. M. **A broca do café**. Vitória, ES: Emcapa, 1989, 63 p. (Emcapa, Documentos, 57).
- BORDIN, B. C. M.; RONCHI, C. P.; CAMPOS, A. A. V.; MIRANDA, F. R.; BATISTA, L. B.; RIBEIRO, A. J.; MEWES, W. L. C. Respostas produtivas de lavoura de primeira safra às colheitas manual e mecanizada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória. **Anais ...** Vitória, 2019.
- BORÉM, F. M. **Protocolo de identidade, qualidade e rastreabilidade para embasamento da indicação geográfica dos cafés da Mantiqueira**. Lavras: Editora da Ufla, 2012.

- BORÉM, F. M. Secagem de café. In: BORÉM, F. M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras, MG: Editora da Ufla, 2018.
- BOTELHO, C. E.; REZENDE, J. C.; CARVALHO, G. R.; CARVALHO, A. M.; ANDRADE, V. T.; BARBOSA, C. R. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12, p. 1404-1411, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2010001200010&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 16 out. 2019. doi: 10.1590/S0100-204X2010001200010.
- BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S. de; VENEGAS, V. H. A.; DESSAUNE FILHO, N.; LANI, J. A.; FONSECA, A. F. A. da; SIVEIRA, J. S. M. da. Nutrição e adubação do café – *Coffea canephora* cv. Conilon, cultivado em latossolo amarelo coeso. II. Zinco- Boro-palha de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISA CAFEIEIRA, 21., 1995, Caxambu, MG. **Anais...** Caxambu: PROCAFE, p. 110-111, 1995. p. 110-111.
- BRANDO, C. H. J. Harvesting and green coffee processing. In: **Coffee: growing, processing, sustainable production**. Wiley, 2004. p. 605-714.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Cereal grain drying**. Westport: AVI Publishing, 1974. 398 p.
- BSCA. Associação Brasileira de Cafés Especiais. **O que é café especial?** 2018. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br/>>. Acesso em: 4 abr. 2019.
- CANAL DO PRODUTOR [CNA]. 2015. **Micro-terraceamento em café, você conhece?** Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/artigos/micro-terraceamento-em-cafe-voce-conhece>>. Acesso em: 6 jun. 2018.
- CARDOSO, R. G. S. **Período da consorciação da lablabe e feijão-de-porco com cafeeiros e trapoerada**. 2013. 98 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; BOTELHO, C. E.; OLIVEIRA, A. C. B.; REZENDE, J. C.; REZENDE, R. M. Desempenho agrônômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, v. 71, p 481-487, 2012.
- CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; BOTELHO, C. E.; OLIVEIRA, A. C. B.; REZENDE, J. C.; REZENDE, R. M. Desempenho agrônômico de cultivares comerciais de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 481-487, out./dec. 2012.
- CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. Z.; CARVALHO, C. E. B.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.
- CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Embrapa Café, 2008. 334 p.
- CARVALHO, D. C.; BRIGAGÃO, M. R. P. L.; SANTOS, M. H.; PAULA, F. B. A.; GIUSTI-PAIVA, A.; AZEVEDO, L. Organic and conventional *Coffea arabica* L.: A comparative study of the chemical composition and physiological, biochemical and toxicological effects in wistar rats. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 66, p. 114-121, 2011.
- CARVALHO, J. P. F. Seleção de Progênes de cafeeiro derivados de Catuaí com Icatu e Híbrido de Timor. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 215-222, set./dez. 2012.
- CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, v. 11, p. 79-92, 1985.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2018. **Acompanhamento da Safra Brasileira - Café**. 2018. **Acompanhamento da Safra Brasileira - Café**. v. 5, safra 2018, N.2- Segundo levantamento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 6 jun. 2018.
- DA MATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de Cafezais Sombreados e a Pleno Sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Viçosa, MG, 2002. p. 93-136.
- DE MUNER, L. H. El café Conilon en la agricultura familiar de Espírito Santo, Brasil: Bases para evaluar su sostenibilidad. In: ENCUESTRO DE ESTUDIANTES Y EX-ALUMNOS DEL “INSTITUTO DE SOCIOLOGÍA Y ESTUDIOS CAMPESINOS” ISEC – Universidad de Córdoba, p. 33 -40, 2008. Disponível em: <<http://redisec.ourproject.org/IMG/pdf/Libro09122008.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- DE MUNER, L. H. **Sostenibilidad de la caficultura arábica en el ámbito de la agricultura familiar em el Estado de Espírito Santo-Brasil**. 2012. 262 f. Tese (Doctorado Recursos Naturales y Sustentabilidad) – Universidad de Cordoba-UCO, Córdoba, España, 2012.
- DE MUNER, L. H.; CAPORAL, F. R.; FORNAZIER, M. J.; RONCA, P. P. F.; BRANDO, J. A. P.; PADOVAN, M. P. Cafeicultura Sustentável do Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café conilon**. 2. ed. Vitória, ES: Incaper, 2017. p. 621-653.
- DE MUNER, L. H.; FORNAZIER, M. J.; ALIXANDRE, F. T.; MARTINUZZO, M. B.; KROLING, C. A.; SOUZA, M. F.; SOUSA, D. G.; LIMA, T. L. B.; HASSEM, A. P.; CATHERINGER, C. O.; CARVALHO, E. V.; PASCHOALINO, R. S.; CELESTINO, R. C.; PAULA, E.; SANTOS, J. M.; LAZZARINI, A. L.; OLIVEIRA, J. M. S.; VENTURINI, C. F.; RESENDE, L. A.; JESUS, A. C.; OLIVEIRA-JR, A. O. ROSSI, V. S. FERREIRA, C. C.; MARION, W. H. S.; RODRIGUES, A. Marco referencial inicial da adequação produtiva e socioambiental de propriedades cafeieiras de arábica no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 44., 2018. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018. p. 241-242.
- DE MUNER, L. H.; FORNAZIER, M. J.; SCHIMIDT, H. C. Características da cafeicultura de arábica de base familiar no Espírito Santo: aspectos sociais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 35., 2009, Araxá. **Anais...** Araxá-MG: CBPC, 2009. p. 279-280.

DE MUNER, L. H.; MARTINS, D. S.; FORNAZIER, M. J.; ARLEU, R. J.; BENASSI, V. L. R. M. **Manejo da broca do café**: Vitória, ES: Emcaper, 2000. 6 p. (Incaper. Documentos, 104).

DE MUNER, L. H.; MASERA, O.; FORNAZIER, M. J.; SOUZA, C. V.; LORETO, M. D. S. Energetic sustainability of three arabica coffee growing systems used by family farming units in Espírito Santo state. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 397-405, 2015.

DONNA, J. U.; FORNAZIER, M. J.; CARNIELLI, P.; MELLO, E. V.; ZANDONADE, B. C.; NASCIMENTO, R. C. Marco referencial da implantação dos critérios sócio-ambientais para propriedades de base familiar nas Montanhas do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 34., 2008. **Anais...** Caxambu, MG: CBPC, 2008. p. 112-114.

DONNA, J. U.; MELLO, MELLO, E. V.; ZANDONADE, B. C.; NASCIMENTO, R. C.; CARNIELLI, P.; FORNAZIER, M. J. Critérios mínimos de adequação de propriedades de base familiar para a implantação da certificação fairtrade: uma proposta para cooperativas de pequenos produtores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 33., 2007. **Anais...** Lavras, MG: CBPC, 2007. p. 152-153.

ENSEI, N. **A altitude, a densidade e o casco duro**, 2018. Disponível em: <<http://www.thecoffeetraveler.net/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

EUTRÓPIO, F. J.; KROHLING, C. A. Fertilidade do solo em lavouras de café arábica com e sem terraço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 44., 2018. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018.

FAGAN, E. B.; SOUZA, C. H. E.; PEREIRA, N. M. B.; MACHADO, V. J. Effect of time on coffee bean (*Coffea sp*) growth in cup quality. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 729-738, sept./oct. 2011.

FAZUOLI, L. C.; TOMA-BRAGHINI, M.; SILVAROLLA, M. B.; OLIVEIRA, A. C. B. A ferrugem alaranjada do cafeeiro e a obtenção de cultivares resistentes. **O Agrônomo**, v. 59, n. 1, p. 48-53, 2007.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R.G.F.A.; PINTO, N.A.V.D.; NERY, M.C.; PÁDUA, F.R.M. 2003. Chemical evaluation and aqueous extract of roasting coffees (*Coffea arabica* L.) and conilon (*Coffea canephora* Pierre). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, out. 2003.

FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; RIVA-SOUZA, E. M.; GUARÇONI, R. C.; MORELI, A. P.; CALIMAN, L. F. Comportamento de café arábica em diferentes densidades de plantio no Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009. Vitória. **Anais ...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2009.

FORNAZIER, M. J.; ALIXANDRE, F. T.; DONNA, J. U.; DE MUNER, L. H.; PAULA, E. Adequação sócio-ambiental de propriedades de base familiar para certificação Fair Trade nas montanhas do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 35., 2009, Araxá. **Anais...** Araxá-MG: CBPC, 2009. p. 280-281.

FORNAZIER, M. J.; BENASSI, V. L. M. R.; ARLEU, R. J.; MARTINS, D. S.; FONSECA, A. F. A.; DE MUNER, L. H. **Manejo da broca do café**. Vitória, ES: Emcaper, 2000. 6 p. (Incaper. Documentos, 104).

FORNAZIER, M. J.; DONNA, J. U.; ALIXANDRE, F. T.; PAULA, E. Adequação sócio-ambiental de propriedades de base familiar associadas à COOABRE - MONTANHAS DO ESPÍRITO SANTO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Anais...** Caxambu, MG: CBPC, 2008. p. 190-191.

FORNAZIER, M. J.; MARTINS, D. S.; FANTON, C. J.; BENASSI, V. L. R. M. **Manejo de Pragas do Café Conilon**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café Conilon**. 2. ed. Vitória, ES: Incaper, 2017. p. 399-433.

GALEANO, E. V.; KROHLING, C. A. Avaliação de custo de produção e viabilidade econômica do café arábica no Espírito Santo considerando colheita manual e semimecanizada. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 56., 2018, Campinas. **Anais...** Campinas, SP: SOBER, 2018.

GIOMO, G. S.; BOREM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, p. 7-16, 2011.

GUERREIRO-FILHO, O.; SILVAROLLA, M. B.; CARVALHO, C. H. S.; FAZUOLI, L. C. Características utilizadas para a identificação de cultivares de café: In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café**: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 141-156.

GUIMARÃES, E. R. **Terceira onda do café**: base conceitual e aplicações. 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Gestão de Negócios, Economia e Mercados, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2016.

HARDOIM, P. C.; BORÉM, F. M.; HARDOIM, P. R.; ABRAHÃO, E. J. Secagem de café cereja, boia e cereja desmucilado em terreiro de concreto, de lama asfáltica, de chão batido e de leito suspenso em Lavras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Anais...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2001. p. 126-128.

KROHLING, C. A.; DE MUNER, L. H.; FORNAZIER, M. J.; ALIXANDRE, F. T.; SOUZA, M. F.; PERINNI, J. L. Transferência de tecnologia para a sustentabilidade da cafeicultura do estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 44., 2018, Franca. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018a.

KROHLING, C. A.; LANI, J. A.; SOUZA, G. S.; APOSTÓLICO, M. A. Colheita semimecanizada de café arábica na Região das Montanhas Capixaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 44., 2018, Franca. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018b.

KROHLING, C. A.; MATIELLO, J. B. ALMEIDA, S. R.; KROHLING, C. C. K. Vigor e produtividade de cultivares de café nas Montanhas do ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 43., 2017, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, MG: CBPC, 2017.

- KROHLING, C. A.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; EUTRÓPIO, F. J.; CARVALHO, C. H. S. Adaptation of progênies/cultivars of arabica coffee (*Coffea arabica* L.) in mountainous edafoclimatic conditions. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 198-209, abr./jun. 2018c.
- KROHLING, C. A.; SOBREIRA, F. M. Tipos de podas e produtividade da lavoura microterraceada de café arábica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 44., 2018, Franca. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018.
- LOPES, R. P.; HARA, T.; SILVA, J. S.; RIEDEL, B. Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café beneficiados (*Coffea arabica* L.) durante a armazenagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n. 1, p. 9-17, 2000.
- MAGALHÃES, G. M. F. Análise da eficiência de terraços de retenção em sub-bacias hidrográficas do Rio São Francisco. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 7, n. 10, p. 1109-1115, 2013. doi: 10.1590/S1415-43662013001000013.
- MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S. **Guia de Acompanhamento das aulas de cafeicultura**. Viçosa: UFV, 2007. 152 p.
- MATIELLO, J. B., SANTINATO, R., GARCIA, A. W. R., ALMEIDA, S. R., FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro, RJ e Varginha, MG: Mapa/Procafé, 2016, 584 p.
- MATIELLO, J. B.; SILVA, W. J.; AGUIAR FILHO, E. C.; ARAÚJO, R. A. Efeito da face de exposição do cafeeiro na produtividade e na qualidade dos frutos na região de Pirapora – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p. 01-02.
- MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R.; CARVALHO, C. H. S. Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café**: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008. v. I, p.79-101.
- MICHELI, G. La seca del café como factor de calidad café descascado y secado em parihuela. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTORA, 19., 2000, San José, Costa Rica. **Anales...** San José: ICAFE; IICA/PROMECAFE, 2000. p. 55-60.
- MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; MENDONÇA, E. S., PERTES, J. Pesquisa em sistemas agroecológicos e orgânicos da cafeicultura familiar na Zona da Mata mineira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: Epamig, v. 26, n. 229, p. 46-75, 2005.
- PIMENTA, C. J. **Qualidade de café**. 3. ed. Lavras: Editora UFLA, 2003.
- PIMENTA, C. J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação**. 1995. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.
- PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) colhido em sete épocas diferentes na região de Lavras-MG. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, p. 1481-1491, dez. 2002. (Edição Especial).
- PINTO, M. F.; CARVALHO, G. R., BOTELHO, C. E.; REZENDE, J. C.; ANDRADE, V. T.; CARVALHO, J. P. F. Seleção de progênies de cafeeiro derivadas de 'Catuai' com 'Icatu' e Híbrido de Tímor. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 215-222, set./dez. 2012.
- PUERTA-QUINTERO, G. I. **Factores, procesos y controles en la fermentación del café**. Chinchiná: Cenicafé, 2012. 12 p. (Avances Técnicos, 422).
- RICCI, M. S. F.; ARAÚJO, M. C. F.; FRANCH, C. M. C. **Cultivo orgânico do café**: recomendações técnicas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 101 p.
- SCAA (SPECIALTY COFFEE AMERICAN ASSOCIATION). **Protocolo para análise sensorial de café**: metodologia SCAA, 2008. Disponível em: <http://coffeetraveler.net/wp-content/files/901-SCAA_CuppingProtocols_TSC_DocV_RevDec08_Portuguese.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- SCHIMIDT, H. C.; MUNER, L. H.; FORNAZIER, M. J. **Cadeia Produtiva do café arábica da agricultura familiar no Espírito Santo**. Vitória/ES: Gráfica Espírito Santo, 2004. 52 p. v. 1.
- SCP. Sustainable Coffee Program. **Guia prático de acesso a linhas de crédito para promoção da sustentabilidade dos cafeicultores**. 2. ed. Julho 2015. Disponível em: <<http://www.peamarketing.com.br/pdf/guiapratico.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- SILVA, J. S.; SAMPAIO, C. P.; MACHADO, M. C.; MONACO, P. A. Preparo, secagem e armazenagem. In: SILVA, J. S. (Ed). **Secagem e armazenagem de café**. Viçosa, MG: UFV, CBP&D – Café, 2001. p. 1-60.
- SILVA, V. M.; ALEX TEIXEIRA, F. R.; REIS, E. F.; MENDONÇA, E. S. Yield and nutritional status of the conilon coffee tree in organic fertilizer systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 773-781, out/dez, 2013.
- SOBREIRA, F. M.; KROHLING, C. A.; APOSTÓLICO, M. A.; ROCHA, W. A. Produção pós-esqueletamento de cultivares de café arábica em cultivo adensado no alto Caparaó Capixaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 44., 2018, Franca. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018a.
- SOBREIRA, F. M.; KROHLING, C. A.; APOSTÓLICO, M. A.; ROCHA, W. A. Tamanho dos grãos de cultivares de café arábica, após esqueletamento na Região do Caparaó/ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 44., 2018, Franca. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018b.
- SOUZA, J. L.; FERRÃO, R. G.; COSTA, H.; FORNAZIER, M. J. **'ES-204 IMPERADOR'**: nova variedade de milho para a agricultura orgânica e familiar do ES; resgate e seleção de variedades crioulas. Vitória, ES: Incaper, 2018. 6 p. (Documentos, 261).

TEIXEIRA, A. A.; REGINA, A.; TEIXEIRA, R.; REIS, M.; BASSOLI, D.; PALÁCIOS, H. **Secagem e teor de umidade na qualidade do café “espresso”**. 2014. 16 p. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7667/Secagem%20e%20teor%20de%20umidade%20na%20qualidade%20fisica%20e%20sensorial%20do.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

THOMAZIELLO, R. A.; PEREIRA, S. P. **Boletim técnico IAC 203: poda e condução do cafeeiro arábica**. Campinas, São Paulo: Instituto Agrônômico de Campinas [IAC], 2008.

TRISTÃO, F. A.; FORNAZIER, M. J. **Recomendações para produção de cafés arábicas especiais**. 2019. Disponível em: <<http://www.revistaprocampo.com.br/>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

TRISTÃO, F. A.; GUARCONI, R. C.; SOUSA, D. G.; MARTINUZZO, M. B.; TEOFIL FILHO, P. P. Qualidade de bebida e tempo de secagem de diferentes tipos de café secos em terreiro de concreto com cobertura e sem cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 42., 2016, Serra Negra. **Anais ...** Serra Negra, SP: CBPC, 2016.

TRISTÃO, F. A.; SOUSA, D. G.; TEOFIL FILHO, P. P.; KROHLING, C. A.; DIAS, R. S.; FORNAZIER, M. J.; ALIXANDRE, R. D.; FORNAZIER, M. L. Qualidade e tempo de secagem do café arábica em ambiente coberto com diferentes formas de revolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 48., 2018, Franca. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018. p. 153-154.

TRISTÃO, F. A.; ULIANA, L. T. S.; SOUSA, D. G.; TEOFIL FILHO, P. P.; KROHLING, C. A.; DIAS, R. S.; FORNAZIER, M. J.; ALIXANDRE, R. D.; FORNAZIER, M. L. Qualidade de bebida e tempo de secagem de diferentes tipos de café secos em terreiro de concreto com cobertura e sem cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 42., 2016, Serra Negra. **Anais ...** Serra Negra, SP: CBPC, 2016.

TRISTÃO, F. A.; ULIANA, L. T. S.; SOUSA, D. G.; TEOFIL FILHO, P. P.; KROHLING, C. A.; DIAS, R. S.; FORNAZIER, M. J.; ALIXANDRE, R. D.; FORNAZIER, M. L. 2017. Qualidade de bebida e tempo de secagem de diferentes tipos de cafés secos em terreiro de concreto com cobertura plástica e sem cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 47., 2017, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: CBPC, 2017. p. 256-257.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. Piracicaba: Ceres, 2005. p. 165-180. v. 2.

Tendências para a sustentabilidade da cafeicultura de Conilon

Abraão Carlos Verdin Filho¹; Marcone Comério²; Anderson Martins Pilon³; Wagner Nunes Rodrigues⁴; Tafarel Victor Colodetti⁵; Maurício Fornazier⁶; Lucas Louzada Pereira⁷; Aldemar Polonini Moreli⁸

Resumo - A produção do cafeeiro Conilon é uma das atividades agrícolas mais importantes para o desenvolvimento socioeconômico do Estado do Espírito Santo e existe uma constante necessidade de aumento da competitividade da atividade, associada a uma crescente preocupação social e ambiental. Dessa forma, torna-se essencial a busca por soluções sustentáveis para a evolução do agronegócio que garanta o desenvolvimento da cafeicultura capixaba tanto a curto quanto a longo prazo. Ao longo deste texto, são abordadas as principais tendências e atualidades que têm se difundido pela cafeicultura de Conilon no Estado do Espírito Santo. Uma gama de estratégias podem ser exploradas, tais como o uso de cultivares melhoradas e adequadas ao sistema de cultivo, o planejamento da densidade da lavoura pela adoção condizente de espaçamento e número de ramos plagiotrópicos por planta, a adoção de manejos de podas mais atuais, o manejo eficiente da fertilidade do solo para suprir a demanda nutricional do cafeeiro, o uso de estratégias de conservação da água e do solo, a adoção de tecnologias que aumentem o rendimento da colheita, o manejo dos frutos visando a manutenção da qualidade do produto e a exploração de novas áreas de cultivo de modo racional. Dessa forma, manejar corretamente a lavoura cafeeira através do emprego de práticas atualizadas e responsáveis configuram a chave para tornar a cafeicultura de Conilon cada vez mais sustentável, aumentando a qualidade de vida do produtor, garantindo a competitividade da atividade e preservando os recursos naturais.

Palavras-chaves: *Coffea canephora*. Café. Agricultura sustentável. Produtividade.

Trends for sustainability of Conilon coffee crops

Abstract - Conilon coffee production is one of the most important agricultural activities for the socio-economic development of the state of Espírito Santo, and there is a constant need to increase the competitiveness of the activity associated with a growing social and environmental concern. Thus, the search for sustainable solutions for the evolution of agribusiness that ensures the development of coffee production in Espírito Santo in the short and long term becomes essential. Throughout this text, we address the main trends and current issues spread through Conilon coffee farming in the state of Espírito Santo. A range of strategies can be explored, such as the use of improved cultivars suitable for the cropping system; the planning of crop density through the appropriate adoption of plagiotropic spacing and the number of branches per plant; the adoption of more current pruning management; the efficient management of soil fertility to meet the nutritional demand of the coffee tree; the use of water and soil conservation strategies; the adoption of technologies that increase yield; the management of fruits aiming at maintaining product quality and exploring new cultivation areas rationally. Thus, managing the coffee crop by employing updated and responsible practices properly is the key to making crops of Conilon coffee more sustainable, increasing the quality of life of the producer, ensuring the competitiveness of the activity and preserving natural resources.

Keywords: *Coffea canephora*. Coffee. Sustainable agriculture. Crop yield.

¹ Administrador Rural, Doutorando Produção Vegetal, Pesquisador do Incaper, verdin.incaper@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Extensionista do Incaper

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Bioquímica Agrícola, Extensionista do Incaper

⁴ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Produção Vegetal, Pós-doutorado Produção Vegetal pelo CCAE/Ufes

⁵ Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Produção Vegetal, Doutorando Produção Vegetal pelo CCAE/Ufes

⁶ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Entomologia, Pesquisador do Incaper

⁷ Administrador Rural, D.Sc. Engenharia da Produção, Professor do Ifes

⁸ Administrador Rural, D.Sc. Produção Vegetal, Professor do Ifes

INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento socioeconômico do Estado do Espírito Santo, contribuindo para a geração e distribuição de renda e a permanência do homem no campo. Além de ser responsável por grande parte do valor bruto agrícola capixaba, essa atividade gera um grande número de postos de trabalho. A agricultura familiar é a base da cafeicultura capixaba, que é praticada majoritariamente em pequenas propriedades agrícolas, onde 78 mil famílias estão envolvidas diretamente na atividade, com média de 9 hectares de café Conilon por propriedade (FREITAS, 2007; VERDIN FILHO, 2011).

Atualmente, o Estado do Espírito Santo é o maior produtor nacional de café Conilon, sendo responsável pela produção estimada de mais de 10,3 milhões de sacas beneficiadas para a safra de 2019. A produtividade média em 2018 foi de 38,85 sacas por hectare, o que representa um aumento de 26% em comparação com a produtividade média observada uma década atrás e de 252% se comparado à produtividade de 1993. O avanço de produtividade para o cafeeiro Conilon no Espírito Santo está diretamente relacionado com a renovação do parque cafeeiro e revitalização das lavouras com a adoção de novas tecnologias de produção e gestão, como o uso de cultivares melhoradas, novos manejos de podas, irrigação e adubação (FERRÃO *et al.*, 2011; CONAB, 2019).

A evolução da tecnologia disponível tem auxiliado no avanço da produtividade agrícola, permitindo, em muitos casos, alcançar produções maiores sem que seja necessária a expansão das áreas cultivadas. Entretanto, as mudanças nos sistemas de manejo agrícola que são atualmente propostas se baseiam não apenas no aumento da produtividade, mas na adoção de práticas voltadas à preservação dos recursos naturais, de modo que se permita apresentar o potencial produtivo ao longo do tempo. Diversas estratégias podem ser exploradas, tais como o aumento da biodiversidade nos agroecossistemas, exploração de estratégias

culturais e biológicas no manejo das populações de herbívoros, microrganismos e plantas daninhas, o cultivo de cultivares melhoradas e eficientes na utilização dos recursos ambientais, a melhoria da eficiência da adubação e irrigação, o uso adequado de equipamentos e máquinas agrícolas, entre outras (AMARAL, 2001).

A constante necessidade de aumento da competitividade da cafeicultura de Conilon, associada à preocupação social e ambiental, torna essencial a busca por soluções sustentáveis para a evolução do agronegócio. Ao longo deste texto, serão abordadas as principais tendências e avanços que têm se difundido pela cafeicultura de Conilon no Estado do Espírito Santo.

SUSTENTABILIDADE

O emprego das diversas tecnologias agrícolas que estão atualmente disponíveis é capaz de permitir elevados patamares de produtividade. No entanto, a exploração desordenada de tecnologias visando apenas a produtividade faz com que esse seja um processo não contínuo, que não pode ser mantido a longo prazo devido ao depauperamento de recursos ambientais essenciais. A preocupação com a exploração das áreas agricultáveis a longo prazo, de modo que se possa produzir satisfatoriamente sem comprometer o potencial de recuperação dos recursos naturais renováveis, deu origem ao movimento global na busca pela sustentabilidade da agricultura.

Os institutos norte-americanos responsáveis pela regulação e desenvolvimento agrícola, United States Department of Agriculture e National Institute of Food and Agriculture, têm sua definição de agricultura sustentável como um sistema integrado de práticas de produção agrícola que podem ser aplicadas em condições específicas por longo prazo para garantir: (i) a satisfação das necessidades por produtos agrícolas; (ii) a melhoria da qualidade ambiental e da base de recursos naturais das quais a produção agrícola depende; (iii) o uso de recursos não renováveis apenas dos modos mais eficientes

possíveis; (iv) a manutenção da viabilidade econômica das operações; e (v) a melhoria da qualidade de vida dos produtores rurais e da sociedade como um todo (USDA/NIFA, 2019).

Diversas estratégias de manejo podem ser adotadas para o aumento da sustentabilidade da produção, como o aproveitamento de recursos naturais renováveis, a reciclagem de resíduos, a adubação orgânica, a adoção de irrigação bem-manejada, o uso de defensivos naturais, o controle biológico e mecânico de pragas e plantas espontâneas, a cobertura do solo, a adubação verde, a diversificação dos cultivos, a consorciação de culturas e a rotação de culturas. As diversas estratégias podem ser adotadas em conjunto, de modo a formar um sistema de produção adequado e viável para cada cenário.

TÉCNICAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL

Entre as diversas tecnologias de manejo e gestão disponíveis para emprego na cafeicultura visando o seu desenvolvimento sustentável, algumas têm se difundido proeminentemente no Estado do Espírito Santo, enquanto outras ainda têm sido importante objeto de pesquisa no decorrer dos anos. Ao longo deste tópico, serão abordadas algumas das principais estratégias que têm se tornado tendências para o aumento da produtividade de maneira sustentável.

USO DE CULTIVARES MELHORADAS

A espécie *Coffea canephora* Pierre exFroehner tem origem entre a região central e a costa oeste da África, nas regiões baixas e quentes da Guiné ao Congo, mas apresenta ampla distribuição geográfica ao redor do mundo, sendo mais adaptada a regiões tropicais, quentes e úmidas (CONAGIN; MENDES, 1961; CHARRIER; BERTHAUD, 1985).

Após a introdução dessa espécie no Estado do Espírito Santo, durante o século passado, e com a evolução da importância econômica do café Conilon, seu plantio se expandiu rapidamente. Com o desenvolvimento dessa cultura, esforços voltados para multiplicação e melhoramento da espécie passaram a ser desenvolvidos, como o programa de

melhoramento do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Esse programa vem explorando a variabilidade genética do cafeeiro Conilon, desenvolvendo e lançando novas cultivares, que se tornaram a base para a renovação do parque cafeeiro capixaba (FERRÃO et al., 2017a). Atualmente, o programa já disponibilizou dez cultivares adaptadas às condições de cultivo do Estado do Espírito Santo, cada uma apresentando características específicas que associam sua produtividade com outras vantagens agronômicas.

As três primeiras cultivares clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo foram lançadas em 1993, sendo compostas por agrupamentos de genótipos compatíveis entre si que são multiplicados assexuadamente e cultivados em conjunto. A principal característica que as diferenciam é a uniformização e separação dos genótipos através da duração do seu ciclo de maturação. A cultivar Emcapa 8111 agrupa nove genótipos de ciclo de maturação precoce (colheita normalmente em abril e maio), seus clones apresentam maturação uniforme e atingem produtividades médias na ordem de 58 sacas beneficiadas por hectare. A cultivar Emcapa 8121 é formada pelo conjunto de 14 genótipos que apresentaram ciclo de maturação intermediário (colheita normalmente concentrada em junho), com produtividade média alcançando cerca de 60 sacas beneficiadas por hectare. A cultivar Emcapa 8131 é composta por nove genótipos de ciclo de maturação tardio (colheita normalmente em julho e agosto), com produtividade média também chegando a 60 sacas beneficiadas por hectare (BRAGANÇA et al., 2001; FERRÃO et al., 2017b).

Em 1999, foi lançada a 'Emcapa 8141 – Robustão Capixaba', sendo formada pelo agrupamento de dez genótipos selecionados por seu destaque sob condições de *deficit* hídrico, visando a formação de plantas com tolerância à seca. A produtividade média ao longo das quatro primeiras colheitas dessa variedade alcança cerca de 54 sacas beneficiadas por hectare. Apesar de sua tolerância à seca, os clones dessa cultivar se demonstram responsivos

à irrigação, podendo alcançar produtividades superiores em lavouras irrigadas (FERRÃO *et al.*, 2000a; FERRÃO *et al.*, 2017b).

A primeira cultivar de propagação sexuada foi lançada em 2000, sendo formada por sementes oriundas da recombinação de 53 clones-elite do programa de melhoramento do Incaper. A cultivar Emcaper 8151 – Robusta Tropical apresenta ampla base genética, e sua elevada rusticidade e vigor permitem sua adaptação a diferentes condições de cultivo, além de propiciar uma produtividade média de 50 sacas por hectare (FERRÃO *et al.*, 2000b; FERRÃO *et al.*, 2017b).

Em 2004, foi lançada uma nova cultivar clonal, composta por 13 genótipos selecionados dentre o grupo de clones-elite do programa de melhoramento do Incaper. A cultivar Vitória Incaper 8142 foi formada pelo agrupamento de genótipos altamente produtivos, aliado a características agrônomicas importantes para a sustentabilidade da atividade, como a estabilidade de produção, resistência moderada à ferrugem e uniformidade. A cultivar apresenta clones de diferentes ciclos de maturação, permitindo seu cultivo em linhas para facilitar o escalonamento da colheita e as operações de manejo. A produtividade média é de cerca de 70 sacas beneficiadas por hectare (FONSECA *et al.*, 2004; FERRÃO *et al.*, 2017b).

Três novas cultivares clonais foram lançadas no ano de 2013, sendo formadas cada uma pelo agrupamento de nove genótipos compatíveis, com características de alta produtividade, frutos com menor susceptibilidade ao chochamento, alta qualidade de bebida (conforme verificado por análises de qualidade seguindo o protocolo de degustação de cafés finos) e resistência moderada à ferrugem. As cultivares são separadas por ciclo de maturação, sendo a 'Diamante ES8112' de maturação precoce, a 'ES8122' – Jequitibá de maturação intermediária e a 'Centenária ES8132' de maturação tardia; as produtividades médias ficam em torno de 80, 88 e 82 sacas beneficiadas por hectare, respectivamente (FERRÃO *et al.*, 2015a; 2015b; 2015c; FERRÃO *et al.*, 2017b).

Em 2017, uma nova cultivar clonal voltada à tolerância à seca foi lançada. A cultivar Marilândia ES 8143 foi desenvolvida com base na seleção de genótipos que apresentam características de tolerância ao *deficit hídrico*, agrupando 12 genótipos capazes de formar lavouras sustentáveis com produtividade média de 80 sacas beneficiadas por hectare. Além de sua tolerância à seca, a cultivar apresenta estabilidade de produção, rusticidade, maturação uniforme e pode produzir cafés com qualidade de bebida superior (FERRÃO *et al.*, 2017c).

Uma nova cultivar multiplicada por sementes foi lançada em 2019, a 'Conquista ES8152' que é formada pela recombinação de 56 progênies superiores do programa de melhoramento do Incaper. Essa variedade associa a ampla base genética e rusticidade elevadas produtividades e qualidade, sendo capaz de alcançar médias de 74 sacas beneficiadas por hectare. Além de sua rusticidade e capacidade de adaptação a diferentes condições de cultivo, apresenta também resistência moderada à ferrugem e à seca, sendo uma opção interessante para a implantação e renovação de lavouras sustentáveis (FERRÃO *et al.*, 2019).

A escolha racional da cultivar é uma etapa-chave para garantir o sucesso da lavoura, o uso de cultivares melhoradas e adaptadas às condições de cultivo e ao nível tecnológico compatível com a gestão da lavoura são fatores complementares que devem ser levados em consideração, em conjunto, na tomada de decisão. As características agrônomicas de cada cultivar trazem outras vantagens além da alta produtividade potencial dos genótipos, como a tolerância diferencial a possíveis estresses ambientais, a padronização do tamanho das copas, a melhor performance metabólica, a maior eficiência de aproveitamento de insumos e no uso da água, a homogeneização dos tamanhos de frutos, a uniformidade de maturação ou mesmo a melhor qualidade de bebida. Todas as vantagens inerentes ao cultivo de genótipos melhorados favorecem a sustentabilidade da cafeicultura, adicionando facilidades no manejo da lavoura e diminuindo a dependência de uso de certos insumos pela exploração da eficiência e do controle genético.

ADENSAMENTO DA LAVOURA E DETERMINAÇÃO DA POPULAÇÃO DE HASTES

A densidade da lavoura de café tem sido alvo de estudos ao longo dos anos, exercendo influência direta sobre o aproveitamento da área, a produtividade da cultura e viabilidade da mecanização. A determinação do espaçamento entre linhas de cultivo durante o planejamento deve levar em consideração as operações de manejo que serão adotadas ao longo de toda a duração do cultivo.

Tradicionalmente, o café foi cultivado com espaçamentos mais largos, mas a tendência de adensamento do cultivo tem sido empregada na renovação das lavouras, especialmente nas regiões declivosas, onde algumas práticas de mecanização já são inviáveis e existe maior necessidade de se aumentar a cobertura do solo como medida protecionista. O adensamento adequado das lavouras tem constituído uma das principais bases para sustentar os novos modelos de produção de café (BOTELHO et al., 2010; ANDROCIOLI FILHO; ANDROCIOLI, 2011).

Diversas vantagens podem ser citadas com o uso de densidade de plantas e ramos ortotrópicos adequados, tais como a melhoria da distribuição do sistema radicular do cafeeiro, o aumento do rendimento e da produção por área (FERRÃO et al., 2008). A adoção de um manejo de poda compatível com o espaçamento é essencial para a condução de lavouras mais densas, onde o fechamento das copas pode dificultar a penetração de luz e desacelerar o desenvolvimento de brotações (SILVEIRA et al., 1993; LANI et al., 2000).

Como o cafeeiro Conilon é uma cultura naturalmente conduzida com vários caules verticais, o adensamento da lavoura é determinado não apenas pela mudança do espaçamento, mas pelo número de ramos ortotrópicos que são conduzidos por planta. Em conjunto, as combinações entre os diferentes espaçamentos entre plantas e entre linhas com o número de caules por planta geram a população de ramos ortotrópicos por hectare.

Trabalhos desenvolvidos em diferentes regiões do Estado do Espírito Santo têm demonstrado ganhos de

produtividade e de estabilidade de produção com o adensamento da população de ramos verticais por hectare para diferentes sistemas de cultivo e manejos de poda (LANI et al., 2000; VERDIN FILHO, 2011; VERDIN FILHO et al., 2014; FONSECA et al., 2017). Os resultados obtidos nos campos experimentais levaram a uma recomendação atual de populações entre 12.000 e 15.000 ramos ortotrópicos por hectare ou entre 9.000 e 12.000 para lavouras com elevado nível de tecnificação, onde se deseja implementar operações mecanizadas (FONSECA et al., 2017).

MANEJO DE PODA

No contexto do manejo da lavoura cafeeira, as práticas de poda consistem numa operação fundamental, visto que permitem eliminar partes envelhecidas das plantas que perderam sua capacidade produtiva ao longo das safras. Dessa forma, a supressão da dominância apical permite o estímulo e o desenvolvimento de novas brotações (THOMAZIELLO; PEREIRA, 2008), o que resulta na renovação de partes da copa com novos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos. A intervenção no livre crescimento das plantas através da poda permite a substituição dos ramos velhos e exauridos e evita o desenvolvimento excessivo de brotações, o que favorece a manutenção do vigor e do potencial de produção das plantas (FONSECA et al., 2017).

Outra característica interessante do manejo de poda consiste na contínua deposição de material orgânico no solo, visto que, após as colheitas do café, ocorrerão as retiradas de ramos ortotrópicos e/ou plagiotrópicos (constituídos de caules e folhas), que geralmente permanecem na própria lavoura, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, conservação do solo, manutenção dos teores de matéria orgânica, entre outras vantagens para a sustentabilidade do sistema (THOMAZIELLO; PEREIRA, 2008).

No cafeeiro Conilon, a técnica da Poda Programada de Ciclo (PPC) vem sendo amplamente recomendada e consiste na manutenção de um número de ramos ortotrópicos entre 10.000 a 16.000 por hectare. Após o plantio da lavoura, pode-se expressar

cronologicamente o manejo da PPC da seguinte forma: (i) até a terceira colheita – retirada de todas as brotações ocorridas e dos ramos plagiotrópicos que produziram 70% ou mais de sua capacidade produtiva (ramos exauridos); (ii) após a terceira ou quarta colheita – retirada de 50% a 75% dos ramos ortotrópicos da planta, dos ramos plagiotrópicos exauridos e das brotações ocorridas, deixando-se permanecer apenas um quantitativo de brotos suficiente para substituir todos os ramos ortotrópicos da planta; (iii) após a quarta ou quinta colheita – retirada dos ramos ortotrópicos remanescentes, obtendo-se, então, plantas renovadas e aptas a iniciarem um novo ciclo de poda (VERDIN FILHO *et al.*, 2008).

Diversas vantagens do emprego da PPC podem ser mencionadas na cadeia produtiva do cafeeiro Conilon em relação ao manejo de poda tradicional, tais como: aumentos superiores a 20% na produtividade, diminuição média de 32% no uso de mão de obra num período de 10 anos, facilidade de entendimento e execução, facilitação da execução de outras atividades de manejo, entre outros benefícios (VERDIN FILHO *et al.*, 2008). Outros resultados também apresentam ganhos produtivos com o emprego da PPC no Conilon, principalmente quando associado ao aumento da população de ramos ortotrópicos por hectare (VERDIN FILHO, 2011; VERDIN FILHO *et al.*, 2014; VERDIN FILHO *et al.*, 2015), o que contribui para um maior aproveitamento da área de cultivo.

Um dos problemas que podem causar o insucesso da PPC consiste na adoção parcial da técnica sem seguir as recomendações quanto à retirada dos ramos ortotrópicos nos momentos corretos. A permanência de ramos que deveriam ser retirados pode ocasionar o estiolamento e má-formação das brotações devido à competição por água, nutrientes, luminosidade e espaço físico.

MANEJO FÍSICO-QUÍMICO DO SOLO

O estado nutricional das plantas de café constitui um dos fatores passíveis de controle durante o manejo da cultura, apresentando elevada influência

sobre o crescimento e a produção das plantas. Uma planta conseguirá expressar seu potencial produtivo quando, entre outros fatores, apresentar quantidades adequadas dos nutrientes essenciais em seus tecidos (DECHEN; NACHTIGALL, 2007; GUARÇONI, 2011). Nesse contexto, insere-se a necessidade do conhecimento sobre o estado da fertilidade e da conservação do solo, uma vez que o manejo sustentável do solo se baseia em suas características físico-químicas (FERRÃO *et al.*, 2011).

Para a formação de um sistema sustentável para a produção do café, é de suma importância a correção da acidez e da fertilidade com a adoção de uma estratégia de manejo baseado na análise dos atributos e do perfil do solo, de modo que suas características sejam conhecidas para o planejamento do sistema de correção e adubação desse perfil. A correção da acidez e a elevação da fertilidade são premissas básicas e fundamentais para o alcance de boas produtividades (BALIGAR; FAGERIA, 1998).

Do mesmo modo, a manutenção da qualidade física do solo influencia a sustentabilidade da atividade cafeeira. Ainda é comum a observância de erosão hídrica associada a quedas expressivas de produtividade em lavouras de café (RIBEIRO; ALVARENGA, 2001). Além disso, vale ressaltar que o uso e o manejo inadequado do solo das lavouras agrícolas contribuem para a aceleração dos processos erosivos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010).

A manutenção controlada e/ou consorciada de espécies vegetais em meio à lavoura cafeeira atua como ferramenta eficiente na minimização das perdas de solo por erosão, principalmente na cafeicultura de montanha. Relatos demonstram que as menores perdas de solo ocorreram quando se manteve uma faixa de vegetação em cada entrelinha do cafeeiro Conilon em região de topografia acidentada (Marilândia-ES). Em contrapartida, as maiores perdas ocorreram quando se manteve a lavoura capinada (LANI *et al.*, 1996).

A formação de palhada oriunda da roçada da vegetação na entrelinha do cafeeiro (Figura 1) favorece o desenvolvimento e proteção das raízes, principalmente raízes finas, que são as grandes

responsáveis pela absorção de água e nutrientes pelas plantas (SILVER; MIYA, 2001). Além disso, o manejo adequado de plantas espontâneas através da roçada favorece a ciclagem de nutrientes e a biodiversidade entre microrganismos e as plantas espontâneas. Essa interação é fundamental, pois contribui para a fertilidade e equilíbrio biológico do solo, podendo diminuir problemas com fungos de solo e nematoides.



Figura 1. Roçada da braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) nas entrelinhas do cafeeiro Conilon.

Associado ao manejo da vegetação em meio às lavouras cafeeiras, outra técnica vem sendo estudada em regiões de Conilon com topografia acidentada. Basicamente, essa técnica consiste na utilização de microterraceamento na entrelinha do cafeeiro, tendo como objetivos minimizar os efeitos de processos erosivos e permitir o manejo mais eficiente da vegetação, além de facilitar as operações de colheita e demais práticas de cultivo.

Os microterraços podem ser construídos em lavouras já instaladas ou antes do plantio, devendo ser construídos com distância mínima de 0,5 m em relação às linhas do cafeeiro (para evitar danos mecânicos ao sistema radicular das plantas) e com largura entre 1,3 m e 1,5 m (Figura 2) (MATIELLO, 2015).



Figura 2. Microterraços em lavouras de cafeeiro Conilon na Fazenda Experimental de Marilândia (Incapcer).

Do ponto de vista ambiental, os microterraços diminuem o processo erosivo e, conseqüentemente, as perdas de solo, água e nutrientes, além de favorecer a infiltração de água no solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010; VILLATORO-SÁNCHEZ et al., 2015).

MANEJO FITOSSANITÁRIO

As pragas do cafeeiro Conilon apresentam comportamentos regulados por fatores como clima, microclima, disponibilidade de alimentos e presença de inimigos naturais. A alteração desses fatores reguladores leva a mudanças bruscas das populações presentes nesse ecossistema. Lavouras

tecnificadas de Conilon buscam produção em escala e a produtividade por meio da utilização intensiva de tecnologia e insumos externos, como agrotóxicos, fertilizantes inorgânicos, irrigação e material genético de alto rendimento. Isso pode proporcionar desequilíbrio e indução de altas populações de bactérias, fungos, insetos e plantas espontâneas, o que pode reduzir a produtividade, com danos econômicos.

O estabelecimento das práticas de manejo fitossanitário deve levar em consideração as condições específicas de cada sistema, buscando a integração de estratégias de manejo cultural, biológico, comportamental, físico, genético, nutricional, químico, entre outros. A adoção das citadas estratégias deve ser realizada de modo a minimizar os riscos de contaminação ambiental e a garantir a segurança da saúde humana, sempre se atentando à necessidade de uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) íntegros, ao uso de ferramentas de aplicação funcionais e bem-reguladas e à destinação adequada das embalagens e resíduos (FORNAZIER et al., 2019).

Existem estratégias de controle químico disponíveis para o manejo de diversos problemas fitossanitários do cafeeiro Conilon, mas elas devem ser adotadas racionalmente, de modo a garantir sua eficiência, sendo sempre empregadas com base nos resultados de monitoramento das pragas, empregando produtos registrados (ANVISA, 2019) e optando-se preferencialmente por moléculas de baixa toxicidade e com rotação de princípios ativos. O planejamento e a execução da aplicação dos produtos químicos devem sempre seguir as doses descritas na bula e as recomendações técnicas de aplicação e segurança pessoal. Recomenda-se a integração de todos os princípios e medidas disponíveis e viáveis para o manejo fitossanitário, de modo a promover o equilíbrio do ecossistema (FORNAZIER et al., 2019).

Como exemplo de estratégias que podem ser adotadas visando a formação de um sistema sustentável, o manejo da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Curculionidae) pode ser

realizado com o emprego de armadilhas e com uso do controle biológico através do fungo *Beauveria bassiana*, para o qual estão disponíveis três cepas e quatro produtos formulados e registrados no Brasil (ANVISA, 2019), dos quais a eficiência agrônômica já foi comprovada. O emprego de práticas integradas de manejo tem permitido a diminuição da incidência e de populações, além de drástica diminuição da necessidade de intervenção química para o seu manejo (FORNAZIER et al., 2000, 2019).

O controle biológico através do fungo *B. bassiana* também tem se demonstrado como uma estratégia eficiente para o manejo da cochonilha-da-roseta (*Planococcuscitri* e *P. Minor*) (Hemiptera: Pseudococcidae), bem como o uso de predadores e parasitoides de ocorrência natural nas lavouras de Conilon (FORNAZIER, 2016), como *Cryptolaemus montrouzieri* (Lepidoptera: Pyralidae).

Outra importante praga para o cafeeiro Conilon é o ácaro-vermelho (*Oligonychus ilicis*) (Acari: Tetranychidae), cujo manejo biológico com cepas do fungo *B. bassiana* tem sido promissor, além da possibilidade de emprego de produtos químicos de menor impacto ambiental e baixa toxicidade, tais como aqueles à base de enxofre (ANVISA, 2019).

MECANIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DE COLHEITA

Em levantamento de dados sobre a colheita do café Conilon no Estado do Espírito Santo, foi relatado que 89% das propriedades amostradas utilizavam a derriça manual ou derriçador motorizado, enquanto apenas 4% adotavam a colheita mecanizada; os demais 7% empregavam ambos os métodos de colheita (CNA BRASIL, 2016).

Como a demanda por mão de obra durante o processo de colheita do café é um dos fatores que mais contribuem para o custo de produção, e a escassez de mão de obra no momento da colheita tem sido um problema recorrente, a mecanização das operações surge como alternativa para tentar diminuir a dependência de processos manuais, aumentando a eficiência da colheita e diminuindo o tempo da operação. Em regiões planas, a mecanização

do processo é capaz de gerar consideráveis ganhos no rendimento da colheita e aumentar o retorno econômico para os produtores (OLIVEIRA et al., 2007; SOUZA et al., 2017).

Novas alternativas para o manejo mecanizado em lavouras de café Conilon têm sido desenvolvidas visando melhorar coeficientes técnicos e econômicos, tornando a atividade mais sustentável e competitiva (SOUZA et al., 2018). Essas alternativas têm sido testadas especialmente em unidades produtivas localizadas em regiões de relevo acidentado com o objetivo de contribuir para o rendimento e conforto do trabalho. Apesar dos resultados científicos ainda serem incipientes nessas regiões, diferentes estratégias para adaptação de equipamentos e de lavouras já implantadas vêm sendo testadas com o objetivo da adoção de um manejo semimecanizado.

O método semimecanizado com uso de recolhedora de lona (SOUZA et al., 2017) têm sido a estratégia com maior difusão para o cafeeiro Conilon, sendo adaptado para uso em áreas declivosas (com certa limitação quanto à declividade). Como requer a poda dos ramos plagiotrópicos que produziram mais do que 70% de seu potencial, esse método de colheita traz vantagens ao manejo da lavoura mesmo com o menor rendimento que é observado em regiões declivosas (VERDIN FILHO et al., 2014).

Adaptações de tecnologias consolidadas para a colheita do café Arábica vem sendo adaptadas e testadas para uso na colheita do Conilon. Entre elas, o uso de derriçadoras motorizados portáteis tem sido efetuado. Resultados preliminares têm demonstrado ganhos significativos no rendimento da colheita do Conilon em relação à operação de colheita manual, sem ocorrer diferenciação para a quantidade de frutos de café que se mantiveram nas plantas após as operações (ANDRADE JÚNIOR et al., 2018).

PÓS-COLHEITA, RENDIMENTO E QUALIDADE DO CAFÉ

Um dos pontos-chave na busca pela sustentabilidade e competitividade na cafeicultura consiste na produção de café de qualidade, tendo em vista alcançar a valorização do produto e a conquista de mercados

estáveis (FONSECA et al., 2007). Porém, a manutenção da qualidade dos grãos é dependente de uma série de fatores e características, tais como os processamentos de pós-colheita (CORRÊA; OLIVEIRA; BOTELHO, 2015).

O grau de maturação dos frutos de café no momento da colheita é capaz de comprometer a qualidade do produto final, não sendo possível a sua correção pelos processos de pós-colheita. Como exemplo, já se verificou que a colheita com 50% ou mais de frutos verdes de Conilon resultou em cafés com qualidade inferior, apresentando mais de 360 defeitos (SOUZA; SANTOS; VENEZIANO, 2005), o que deprecia consideravelmente o produto e seu valor econômico.

O tempo em que o café colhido permanece na lavoura após a colheita também é capaz de alterar o rendimento e a qualidade do produto final. Na medida em que se aumenta o tempo de permanência do café Conilon no campo após a colheita, ocorrem alterações químicas nos grãos que refletem negativamente na qualidade sensorial do café, conferindo decréscimos na qualidade da bebida ao permanecer mais de um dia no campo (VERDIN FILHO et al., 2016). Do mesmo modo, a permanência do café colhido no campo condicionou o aumento no número e tipos de defeitos, além de perdas expressivas no rendimento e na classificação por peneira dos grãos de café Conilon (VERDIN FILHO et al., 2018). Dessa forma, tendo em vista a manutenção da qualidade física, química e sensorial do café, é recomendado se destinar os frutos colhidos para os processos de pós-colheita o mais rápido possível, de preferência ainda no mesmo dia da colheita (VERDIN FILHO et al., 2016; 2018).

A técnica de preparo para a secagem do café Conilon (preparo por via seca ou úmida) também é capaz de alterar o rendimento do produto, em que se verificou que o processamento por via úmida ocasionou ganho de até 5,8% no rendimento final em peso total, quando comparado ao processo via seca e secagem em secador rotativo de fogo direto (VERDIN FILHO et al., 2013). Além disso, o processo via úmida

proporciona a obtenção de cafés de alta qualidade e, em longo prazo, maior economia, pois demandará menor área de terreiro ou secadores menores, menor consumo de combustíveis devido ao menor tempo de secagem, menor quantidade de embalagens para o armazenamento antes do beneficiamento do café, entre outras vantagens (SILVA et al., 2017).

Vale ressaltar que os cuidados necessários para a produção de café de qualidade se iniciam antes mesmo do plantio da lavoura, tais como a escolha de mudas de qualidade, cultivares com características de interesse, área apropriada para a cafeicultura, operações de cultivo e manejo, entre outros. No entanto, uma especial atenção deve ser dedicada às operações de pré-colheita, colheita e pós-colheita, tendo em vista serem primordiais para a manutenção da qualidade do café (FONSECA et al., 2007).

No entanto, ainda é pouco observada a remuneração diferenciada ao Conilon de qualidade quando comparado aos cafés Arábicas especiais, que já atingem elevado valor agregado durante sua comercialização. Certamente, esse fator contribui para a baixa adesão por parte dos cafeicultores de Conilon aos sistemas de produção voltados para a elevação da qualidade de bebida. Um levantamento demonstrou que 95% dos produtores de Conilon realizam processamento de pós-colheita de forma

natural, 3% processam por via úmida, como cereja descascado, e 2% fazem uso de ambos os processos. Além disso, 82% fazem uso de secadores mecânicos, 11% secam o café em terreiros e secadores mecânicos, 5% secam apenas no terreiro e 2% utilizam estufas, terreiros e secadores (CNA BRASIL, 2016). Também é válido ressaltar que a pouca oferta de café Conilon com qualidade de bebida superior dificulta a abertura de mercados que agregam valor ao produto e ajudam a popularizar o gosto pela bebida (FONSECA et al., 2007).

FERMENTAÇÃO NO CAFÉ E SUAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

Os frutos de café podem ser submetidos a diferentes formas de processamento, desde a manutenção dos frutos intactos para processamento integral (café natural) ou remoção apenas da casca e parte da mucilagem (café cereja descascado, Figura 3A), remoção da casca e da mucilagem mecanicamente (café desmucilado, Figura 3B), ou mesmo a remoção da casca mecanicamente e da mucilagem por meio de fermentação (café despulpado, Figura 3C) (REINATO et al., 2012). No caso do café Conilon, esses processamentos podem ser executados de maneira similar ao empregado no café Arábica.



Figura 3. Amostras de cafés cereja descascado (A), desmucilado (B) e despulpado (C).

O processo de fermentação pode ser desenvolvido de forma aeróbica ou anaeróbica. A fermentação aeróbica pode ser com água ou a seco (Figura 4), enquanto a fermentação anaeróbica é realizada com imersão em água e com restrição de oxigênio.

O processamento dos frutos para obtenção do café despolpado tem sido adotado com o objetivo de evitar o desenvolvimento da fermentação

nociva ou indesejável dos frutos (como é o caso da fermentação butírica e propiônica) (CHALFOUN; FERNANDES, 2013). Desse modo, a técnica da fermentação espontânea surge como uma alternativa interessante que associa a remoção de frutos heterogêneos (verdes, verdoengos, boias e secos) e o controle da fermentação para promover a qualidade final do café produzido.

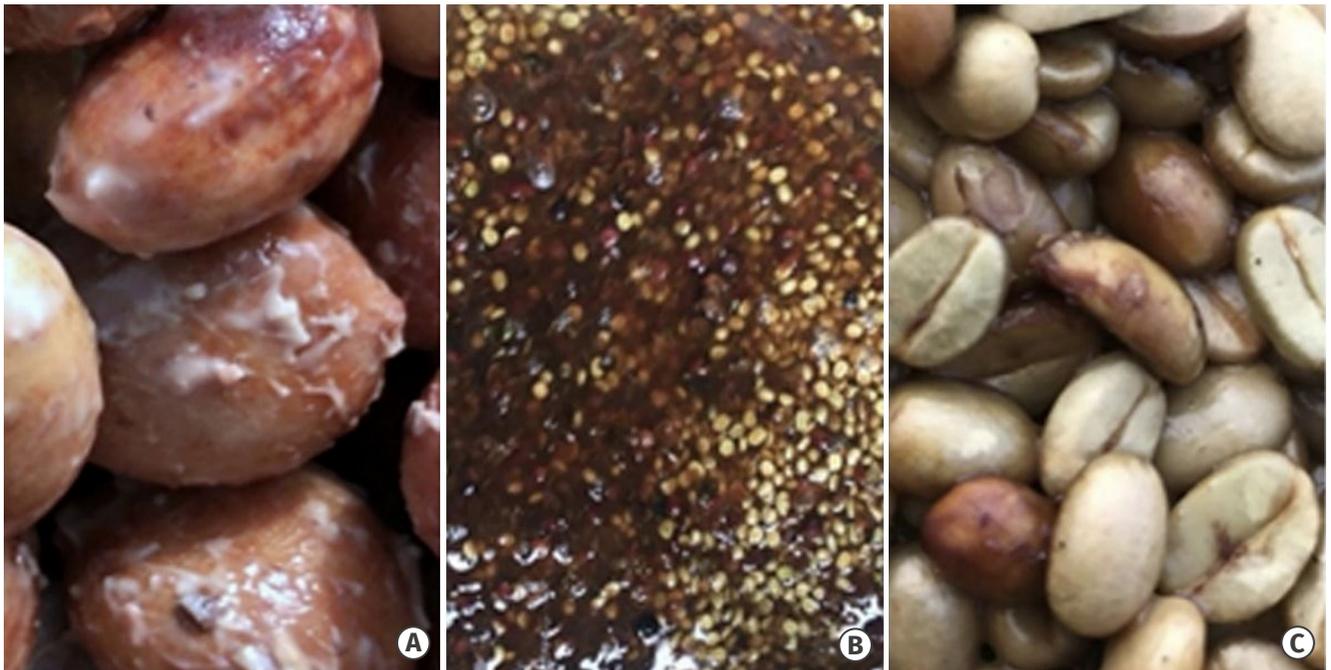


Figura 4. Café em fase de fermentação em casca (natural, A), com água (despolpado, B) e a seco (descascado, C).

O método de fermentação espontânea mais conhecido no Brasil é o *washed*, conhecido como despolpado, que consiste em um dos processos mais antigos e largamente aplicados pelo processamento via úmida, que tem a finalidade de fermentar o café maduro em água (BRANDO; BRANDO, 2015). O processo envolve interações bioquímicas que ocorrem quando as sementes de café permanecem embebidas em água.

O tecido mucilaginoso dos frutos (rico em açúcares) é degradado na presença da água, que promove a hidrólise das moléculas de sacarose em glicose e frutose e inicia o processo fermentativo pela

metabolização das moléculas pelos microrganismos presentes no café (bactérias, fungos e leveduras) e geração de compostos secundários (LESSA, 2012). A espontaneidade desse processo fermentativo promove a ocorrência de perfis sensoriais diferenciados, gerando cafés extremamente exóticos, com notas florais, cítricas e acidez intensa em alguns casos e com notas mais densas de cereais, ervas e chocolate em outros casos.

O controle do processo fermentativo permite diminuir os substratos para outros microrganismos, evitando a evolução de fermentações nocivas e até mesmo proporcionando melhores resultados na

qualidade do café. A inoculação dos frutos de café com cepas de *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação por via úmida tem se mostrado interessante para a qualidade tanto do café Arábica como do Conilon (SILVA et al., 2013; PEREIRA et al., 2019).

No que diz respeito ao papel dos microrganismos na fermentação dos frutos de café, grande interesse tem sido despertado nas comunidades científicas pela bioprospecção de microrganismos endófitos devido à produção potencial de metabólitos secundários (SETTE et al., 2006), uma vez que esses organismos são capazes de fermentar e criar compostos químicos com potencial para melhorar a qualidade do café. Relatos demonstram a ação potencial da interação entre microrganismos endofíticos e epifíticos (ocorrência natural nos frutos de café) na produção de metabólitos secundários, com potencial de interferir positivamente na qualidade do café (SANTOS, 2008).

Estudos já demonstraram o potencial de modificação do perfil sensorial através da inoculação de microrganismos ou mesmo compreendendo o efeito das condições edafoclimáticas sobre o processamento, a fermentação e, conseqüentemente, a qualidade final do café (EVANGELISTA et al., 2014; DEBRUYN et al., 2017). Outro relato já demonstrou como bebida superior no aspecto sensorial cafés fermentados a seco e utilizando levedura (PEREIRA et al., 2019). Essas indicações abrem novas discussões sobre a aceitação de um produto determinado, seguido pelo potencial de modificação da rota sensorial a partir da fermentação, constituindo, assim, um horizonte de possibilidades para o café Conilon brasileiro.

EXPANSÃO DA CAFEICULTURA DE CONILON EM ALTITUDE

Variados cenários de produção de café Conilon são encontrados no Estado do Espírito Santo, abrangendo regiões com características diversificadas de solo, clima e relevo. De modo geral, a exploração agrícola do cafeeiro Conilon foi, por muitos anos, voltada às regiões baixas, onde as temperaturas médias do ar são mais altas, enquanto a cafeicultura de Arábica tinha como foco as regiões mais altas e de temperatura

mais amena (TAQUES; DADALTO, 2017). No Brasil, o cafeeiro Conilon é normalmente cultivado em regiões com temperaturas médias do ar entre 22 °C e 26 °C (MATIELLO, 1991).

Em muitos casos, é possível contornar a influência negativa de diversas variáveis ambientais no potencial da cafeicultura do Conilon com a adoção de práticas de manejo. Regiões com solos ácidos ou de baixa fertilidade natural podem ser exploradas com uso de práticas de correção e manejo de adubação. Regiões com baixos índices pluviométricos podem ser cultivadas com o emprego de um manejo de irrigação apropriado. Entretanto, o clima ainda é considerado o principal fator limitante da aptidão agrícola de uma região, em especial, devido à dificuldade ou mesmo impossibilidade de alteração de alguns de seus componentes, como a temperatura (SILVA; ASSAD, 1998).

No geral, elevados níveis de produtividade podem ser alcançados no cultivo do cafeeiro Conilon em regiões com altitudes entre 400 m e 580 m. Entretanto, regiões mais altas, especialmente até 670 m, onde o cafeeiro Arábica foi tradicionalmente cultivado, estão sendo vistas cada vez mais como alternativas potenciais para o cultivo do Conilon, devido ao elevado potencial produtivo demonstrado por esse cafeeiro nessas áreas (TAQUES; DADALTO, 2017).

Os atuais cenários de previsão de mudanças climáticas têm se tornado uma constante preocupação para as atividades agrícolas, devido à influência do aumento das temperaturas médias, da concentração atmosférica de CO₂, da amplitude térmica e da ocorrência de eventos meteorológicos extremos, como secas prolongadas e veranicos (IPCC, 2014). As alterações nos padrões climáticos afetam a aptidão agrícola das regiões de cultivo, causando a perda de áreas que anteriormente eram consideradas aptas ou gerando a necessidade de realocação de culturas para outras áreas. Para a cafeicultura, as estimativas dos impactos das modificações nos padrões climáticos são maiores para as regiões de baixa altitude, onde as áreas aptas para o cultivo de café devem sofrer as maiores limitações (BUNN et al., 2015).

Quando cultivados em condições diferentes, é comum que a expressão de diversas características morfofisiológicas seja modificada pelo efeito ambiental, com diferentes resultados em função da interação com o genótipo da planta. Alterações nas condições ambientais, como a altitude, a disponibilidade hídrica, a temperatura e a irradiância do ambiente podem levar ao desenvolvimento de respostas adaptativas, como alterações na espessura dos parênquimas das folhas, na área do limbo foliar, no balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo, na duração do processo de maturação dos frutos, no formato e na densidade dos estômatos, na expansão do sistema radicular, na eficiência fotossintética, entre outras respostas (LARCHER, 2004; TAIZ et al., 2017).

É importante estudar a expressão dessas respostas ao cultivo sob diferentes condições ambientais, como é o caso do cultivo do cafeeiro Conilon em altitude, de modo a quantificá-las para estabelecer os limites em que a expressão de respostas adaptativas não se torne limitante à produtividade das plantas de café Conilon. Devido à elevada variabilidade genética entre genótipos de café Conilon para diversos aspectos morfofisiológicos (FERRÃO et al., 2017a), é esperado que existam diferentes respostas entre genótipos submetidos ao cultivo em maiores altitudes, o que gera a possibilidade de seleções e agrupamentos de materiais genéticos que apresentem plasticidade suficiente para se adaptar a essa condição de cultivo sem perdas no valor da produção (RAMALHO et al., 2014; COLODETTI et al., 2016).

Estudos abordando a resposta de genótipos de café Conilon submetidos ao cultivo sob temperaturas mais baixas, como ocorrem nas regiões mais altas, têm demonstrado que quedas súbitas e drásticas na temperatura do ar causam acentuada limitação da taxa de assimilação de carbono das plantas e da eficiência do fotossistema II (PARTELLI et al., 2009). Entretanto, a diminuição gradativa da temperatura permite a aclimação de genótipos, possibilitando a expressão de mecanismos de defesa que auxiliam as plantas na sua adaptação fisiológica (RAMALHO et al., 2014).

Outro interesse do cultivo em maiores altitudes está na busca pela produção de cafés de qualidade superior, já que resultados de pesquisa têm demonstrado que a qualidade do café Conilon pode ser influenciada pelo cultivo em regiões mais altas. Avaliações sensoriais de cafés produzidos em diferentes estratos de altitude, de 200 m a 630 m, mostraram que o padrão de qualidade foi alterado, com amostras oriundas do cultivo do cafeeiro Conilon nos estratos mais altos, originando uma bebida mais encorpada e menos ácida (STURM et al., 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura capixaba, principalmente a de base familiar, está fortemente relacionada com a cafeicultura de Conilon, pois distribui renda, alimenta a economia, gera postos de empregos diretos e indiretos e contribui para o desenvolvimento do Estado do Espírito Santo. Grandes avanços tecnológicos e produtivos vêm sendo alcançados ao longo dos anos para a cafeicultura de Conilon, possibilitando obter maiores produtividades de modo sustentável.

Atrelado ao uso consciente dos recursos naturais e à minimização dos impactos ambientais, é grande a necessidade de tornar cada vez mais sustentável a cadeia produtiva do Conilon capixaba através do emprego de técnicas de manejo que permitam produzir eficientemente. Nesse contexto, uma gama de estratégias podem ser exploradas, tais como: uso de cultivares adequadas ao sistema de cultivo e com características de interesse; determinação da população de ramos ortotrópicos condizentes com o número de plantas e o manejo a ser adotado; adoção de manejos de podas mais atualizados, de fácil entendimento e execução e que contribuam para a melhoria da produtividade; manejo eficiente da fertilidade do solo para suprir a demanda por nutrientes do cafeeiro, associado ao aporte de material orgânico no solo; controle da ocorrência de processos erosivos através de técnicas que impeçam o fluxo excessivo de água em terrenos declivosos, bem como a manutenção de cobertura

vegetal no solo; aumento do rendimento da colheita e do retorno econômico com emprego de técnicas de colheita semimecanizada ou totalmente mecanizada, quando possível; atenção às etapas de colheita (pré-colheita, colheita e pós-colheita), tendo em vista a manutenção ou melhoria da qualidade do café; e a expansão da cafeicultura de Conilon em regiões de altitude, considerando-se as alterações climáticas e a busca pela produção de cafés de qualidade superior.

Dessa forma, manejar corretamente a lavoura cafeeira através do emprego de práticas atualizadas e responsáveis configuram a chave para tornar a cafeicultura de Conilon cada vez mais sustentável, aumentando a qualidade de vida do produtor, garantindo a competitividade da atividade e preservando os recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M. Agricultura alternativa: valorizando o homem e o ambiente. In: **Informe agropecuário**, v. 22, n. 212, p. 3, 2001.
- ANDRADE JÚNIOR, S.; COMÉRIO, M.; COLODETTI, T. V.; CAMARGO, V.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; ZANONI JUNIOR, G.; PASSAMANI FILHO, R. Estratégias de mecanização da colheita no cafeeiro conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 44., 2018, Franca. **Nosso café, melhorando desde o pé...** Brasília: Embrapa/ProCafé, 2018. p.407-408.
- ANDROCIOLO FILHO, A.; ANDROCIOLO, L. G. Adensamento e poda do café arábica. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G. **Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CCAUFES, 2011. p. 69-94.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 24 set. 2019.
- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Plant nutrient efficiency: towards the second paradigm. In: SIQUEIRA, J. O. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 183-204.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2010. 355 p.
- BOTELHO, C. L.; REZENDE, J. C.; CARVALHO, G. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARENGA, A. P.; RIBEIRO, M. F. Preparo do solo e plantio: instalação do cafezal. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café Arábica: do plantio à colheita**. Lavras: Epamig, 2010. p. 283-341.
- BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001.
- BRANDO, C. H. J.; BRANDO, M. F. P. Methods of coffee fermentation and drying. In: SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. AFOAKWA, E. O. **Cocoa and coffee fermentation**. Boca Raton: CRC Press, 2015. p. 341-365.
- BUNN, C.; LÄDERACH, P.; RIVERA, O. O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v. 129, n. 1-2, p. 89-101, 2015.
- CHALFOUN, S. M.; FERNANDES, A. P. Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café. **Visão Agrícola**, v. 1, p. 105-108, 2013.
- CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Herm, Westport, Conn, 1985. p. 13-47.
- CNA BRASIL – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Análise dos resultados da pesquisa CaféPoint colheita cafeeira 2016**. São Paulo: CaféPoint, 2016. 29 p. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br>>. Acesso em: 3 maio 2019.
- COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B.; ERLACHER, W. A.; STARLING, L. C. T.; TOMAZ, M. A. Aspectos gerais do cultivo de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* em altitudes marginais. In: FERREIRA, A.; LOPES, J. C.; FERREIRA, M. F. S.; SOARES, T. C. B. **Tópicos especiais em Produção Vegetal VI**. Alegre: CAUFES, 2016. p. 342-362.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **3º Acompanhamento da safra brasileira: café**. Brasília: Conab, 2019. 61 p.
- CONAGIN, C. H. T. M.; MENDES, A. J. T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*: auto-incompatibilidade em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. **Bragantia**, v. 20, n. 34, p. 787-804, 1961.
- CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M. Armazenamento. In: FONSECA, A. F. A.; SAKIYAMA, N. S.; BORÉM, A. **Café conilon: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p. 231-257.
- DEBRUYN, F. D.; ZHANG, S. J.; POTHAKOS, V.; TORRES, J.; LAMBOT, C.; MORONI, A. V.; CALLANAN, M.; SYBESMA, W.; WECKX, S.; De VUYST, L. Exploring the impact of post-harvest processing on the microbiota and metabolite profiles during a case of green coffee bean production. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 83, n. 1, p.e02398, 2017.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.1-5.
- EVANGELISTA, S. R.; MIGUEL, M. G.; CORDEIRO, C. S.; SILVA, C. F.; PINHEIRO, A. C.; SCHWAN, R. F. Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. **Food Microbiology**, v. 44, p. 87-95, 2014.

- FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DEMUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2017a. p. 81-101.
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; LANI, J. A.; FERRÃO, L. F. V. A cafeicultura no Estado do Espírito Santo: tecnologias e desafios. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G. **Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre, ES: CAUFES, 2011. p. 19-50.
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; LANI, J. A.; MAURI, A. L.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; BRAVIM, A. J. B.; MORELLI, A. P. **'Diamante ES8112'**: nova variedade clonal de café conilon de maturação precoce para o Espírito Santo. Vitória: Incaper, 2015a. (Incaper. Documentos, 219).
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; LANI, J. A.; MAURI, A. L.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; BRAVIM, A. J. B.; MORELLI, A. P. **'ES8122' - Jequitibá**: nova variedade clonal de café conilon de maturação intermediária para o Espírito Santo. Vitória: Incaper, 2015b. (Incaper. Documentos, 220).
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; LANI, J. A.; MAURI, A. L.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; BRAVIM, A. J. B.; MORELLI, A. P. **'Centenária ES8132'**: nova variedade clonal de café conilon de maturação tardia para o Espírito Santo. Vitória: Incaper, 2015c. (Incaper. Documentos, 221).
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; BRAGANÇA, S. M. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DEMUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2017b. p. 219-241.
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F. A.; VERDIN FILHO, A. C.; TÓFFANO, J. L.; TRAGINO, P. H.; COMÉRIO, M.; KAULZ, M. **'Marilândia ES 8143'**: cultivar clonal de café conilon tolerante à seca para o Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 2017c. (Incaper. Documentos, 249).
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; FONSECA, A. F. A.; SENRA, J. F. B.; MENDONÇA, R. F.; COMÉRIO, M.; FERRÃO, L. M. V.; TÓFFANO, J. L.; KAULZ, M. **'Conquista ES8152'**: cultivar melhorada de café conilon propagada por sementes para o Espírito Santo. Vitória: Incaper, 2019. (Incaper. Documentos, 263).
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. **Robusta Tropical 'Emcaper 8151'**: primeira variedade melhorada de café Conilon de propagação por sementes para o Estado do Espírito Santo. Vitória: Emcaper, 2000b. 2 p.
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; SILVEIRA, J. S. M.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. 'EMCAPA 8141 - Robustão Capixaba': variedade clonal de café conilon tolerante à seca, desenvolvida para o Estado do Espírito Santo. **Revista Ceres**, v. 47, n. 273, p. 555-560, 2000a.
- FERRÃO, R. G.; FORNAZIER, M. J.; FERRÃO, M. A. G.; PREZOTTI, L. C.; FONSECA, A. F. A.; ALIXANDRE, F. T.; FERRÃO, L. F. V. Estado da arte da cafeicultura no Espírito Santo. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEZZOPANE, J. R. M. **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre: CCAUFES, 2008. p. 29-48.
- FORNAZIER, M. J. **Bioecologia, dano e controle de Planococcus citri (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae) em Coffea canephora Pierre exFroehner (Rubiaceae)**. 2016. 91 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- FORNAZIER, M. J.; BENASSI, V. L. R. M.; ARLEU, R. J.; MARTINS, D. S.; SOUZA, J. C.; FONSECA, A. F. A.; DE MUNER, L. H. **Manejo da broca-do-café**. Vitória: EMCAPER, 2000. 6 p. (EMCAPER. Documentos, 104).
- FORNAZIER, M. J.; MARTINS, D. S.; FANTON, C. J.; BENASSI, V. L. R. M. Integrated pest management in Conilon coffee. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. FERRÃO, R. M. et al. **Conilon Coffee**. 3. ed. Vitória: Incaper, 2019. 974 p.
- FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; ZUCATELI, F. 'Conilon Vitória - Incaper 8142': improved *Coffea canephora* var. kouillou clone cultivar for the state of Espírito Santo. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, n. 4, p. 503-505, 2004.
- FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Qualidade do café conilon: operações de colheita e pós-colheita. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DEMUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 501-517.
- FONSECA, A. F. A.; VERDIN FILHO, A. C.; RONCHI, C. P.; VOLPI, P. S.; LANI, J. A.; GUARÇONI M., A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G. Manejo da cultura do café conilon: plantio, espaçamento, podas e desbrotas. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DEMUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2017. p. 275-302.
- FREITAS, L. A. L. **Agricultura familiar**: estudo setorial. Vitória: PEDEAG, 2007. 42 p.
- GUARÇONI, M. A. Nutrição e adubação do café. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G. **Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre, ES: CAUFES, 2011. p. 125-154.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2014**: Regional Aspects - Central and South American. Geneva: IPCC, 2014. 102p.
- LANI, J. A.; SILVEIRA, J. S. M.; BRAGANÇA, S. M.; COSTA, A. N.; SANTOS, W. R. Plantios adensados de café conilon com e sem condução de copa no estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas-MG. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p.1038-1040.
- LANI, J. A.; ZANGRANDE, M. B.; FONSECA, A. F. A.; FULLIN, E. A.; VERDIN FILHO, A. C. Eficiência de práticas vegetativas no controle da erosão na cultura do café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa/ProCafé, 1996. p. 105-107.

- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- LESSA, O. A. **Estudo da fermentação do farelo de cacau por *Penicillium roqueforti* e avaliação da composição química e atividade antioxidante**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012.
- MATIELLO, J. B. Micro-terraceamento em cafezais de montanha, com uso de tração animal. **Revista do Café**, v. 94, n. 853, p. 30-32, 2015.
- MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.
- OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p.1466-1470, 2007.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BATISTA-SANTOS, P.; RODRIGUES, A. P.; LEITÃO, A. E.; RAMALHO, J. C. Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n.1 1, p.1404-1415, 2009.
- PEREIRA, L. L.; MORELI, A. P.; MOREIRA, T. R.; CATEN, C. S. T.; MARCATE, J. P. P.; DEBONA, D. G.; GUARÇONI, R. C. Improvement of the quality of Brazilian Conilon through wet processing: a sensorial perspective. **Agricultural Sciences**, v. 10, n. 3, p.1-17, 2019.
- RAMALHO, J.C.; DaMATTA, F. M.; RODRIGUES, A. P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.; BATISTA-SANTOS, P.; PARTELLI, F. L.; RIBEIRO, A.; LIDON, F. C.; LEITÃO, A. E. Cold impact and acclimation response of *Coffea* spp. plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, p. 5-18, 2014.
- REINATO, C. H. R.; BOREM, F. M.; CIRILO, M. A.; OLIVEIRA, E. C. Qualidade do café secado em terreiros com diferentes pavimentações e espessuras de camada. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 223-237, 2012.
- RIBEIRO, M. F.; ALVARENGA, A. P. Manejo da lavoura cafeeira. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 295-326.
- SANTOS, T. M. A. **Diversidade genética de bactérias endofíticas associadas a frutos de café (*Coffea arabica* L.)**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- SETTE, L. D.; PASSARINI, M. R. Z.; DELARMELINA, C.; SALATI, F.; DUARTE, M. C. T. Molecular characterization and antimicrobial activity of endophytic fungi from coffee plants. **World Journal Microbiology and Biotechnology**, v. 22, p. 1185-1195, 2006.
- SILVA C. F.; VILELA D. M.; CORDEIRO C. S.; DUARTE W. F.; DIAS D. R.; SCHWAN, R. F. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, n. 2, p. 235-247, 2013.
- SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D. Análise espaço-temporal do potencial hídrico climático do Estado de Goiás. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informação geográfica: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. 434 p.
- SILVA, J. S.; VERDIN FILHO, A. C.; MORELI, A. P.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S. Colheita e pós-colheita do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DEMUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2017. p. 495-508.
- SILVEIRA, J. S. M.; CARVALHO, C. H. S.; BRAGANÇA, S. M.; FONSECA, A. F. A. **A poda do café conilon**. Vitória: Emcapa, 1993. 14 p. (Emcapa. Documento, 80).
- SILVER, W. L.; MIYA, R. K. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. **Oecologia**, v. 129, p. 407-419, 2001.
- SOUZA, F. S.; SANTOS, M. M.; VENEZIANO, W. Análise de qualidade de grãos em duas variedades de café robusta, preparados por via seca com diferentes percentuais de maturação à colheita. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina, PR. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2005. CD-ROOM.
- SOUZA, G. S.; LANI, J. A.; INFANTINI, M. B.; SILVA, F. M.; ALVES, E. A.; BUENO, R. L. Colheita mecanizada do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DEMUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2017. p. 509-529.
- SOUZA, G. S.; SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; VERDIN FILHO, A. C.; INFANTINI, M. B.; KROHLING, C. A. Avanços na mecanização do cafeeiro conilon. **Incaper em Revista**, v. 9, p. 31-41, 2018.
- STURM, G. M.; COSER, S. M.; SENRA, J. F. B.; FERREIRA, M. F. S.; FERREIRA, A. Qualidade sensorial de café conilon em diferentes altitudes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-7, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TAQUES, R. C.; DADALTO, G. G. Zoneamento agroclimático para a cultura do café conilon no Estado do Espírito Santo. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DEMUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2017. p. 69-79.
- THOMAZIELLO, R. A.; PEREIRA, S. P. **Poda e condução do cafeeiro arábica**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 39 p. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 203).
- USDA/NIFA – United States Department of Agriculture/ National Institute of Food and Agriculture. **Sustainable agriculture program**. Washington: USDA, 2019. Disponível em: <<https://nifa.usda.gov/program/sustainable-agriculture-program>>. Acesso em: 3 maio 2019.
- VERDIN FILHO, A. C. **Influência do espaçamento e densidade de hastes em café conilon conduzido com a poda programada de ciclo**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

VERDIN FILHO, A. C.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; TOMAZ, M. A.; VOLPI, P. S.; MAURI, A. L.; COMÉRIO, M.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V. Emprego da poda programada de ciclo e diferentes populações de hastes como condicionantes da produtividade do cafeeiro conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: Embrapa Café, 2015. p. 1-5.

VERDIN FILHO, A. C.; MAURI, A. L.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; RODRIGUES, W. N.; ANDRADE JUNIOR, S. Rendimento do café conilon em função das formas de processamento e secagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2013, Salvador, BA. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2013. CD-ROOM.

VERDIN FILHO, A. C.; SILVEIRA, J. S. M.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; MARTINS, A. G.; LANI, J. A.; SILVEIRA, T. B.; COMÉRIO, F. **Poda programada de ciclo para o Café Conilon**. Vitória: DCM-Incaper, 2008. (Documento, 163).

VERDIN FILHO, A. C.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; RODRIGUES, W. N. Conilon coffee yield using the programmed pruning cycle and different cultivation densities. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p.489-494, 2014.

VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, M. A.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; COMÉRIO, M.; ANDRADE JUNIOR, S. The permanence in the plantation after harvest damages physical characteristics of Conilon coffee grains. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, p. 911-917, 2018.

VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; MAURI, A. L.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; COMÉRIO, M.; ANDRADE JUNIOR, S.; PINHEIRO, C. A. The beverage quality of Conilon coffee that is kept in the field after harvesting: Quantifying daily losses. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3134-3140, 2016.

VILLATORO-SÁNCHEZ, M.; Le BISSONNAIS, Y.; MOUSSA, R.; RAPIDEL, B. Temporal dynamics of runoff and soil loss on a plot scale under a coffee plantation on steep soil (Ultisol), Costa Rica. **Journal of Hydrology**, v. 523, n. 4, p. 409-426, 2015.



‘Conquista ES8152’: variedade de café mais resistente, mais produtiva e mais barata

A variedade, propagada por semente, é fruto do programa de melhoramento genético do Incaper

Tão logo foi lançada, em junho de 2019, a cultivar ‘Conquista ES8152’ caiu na graça dos produtores rurais do Espírito Santo. Pudera! A variedade melhorada de café conilon desenvolvida pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) reúne características que atraem produtores com diferentes níveis de tecnologia e consumidores com paladar exigente que buscam qualidade na xícara.

Entre as principais características da nova cultivar, está sua ampla base genética. Enquanto uma variedade clonal é normalmente formada de 9 a 14 clones, a ‘Conquista ES8152’ reúne 56 genótipos diferentes (clones e híbridos). A produtividade é de 74 sacas por hectare em condições normais de cultivo, o que a torna 47% mais produtiva que a ‘Robusta Tropical’, primeira cultivar propagada por semente, lançada pelo Incaper em 2000.

Rústica, a cultivar Conquista se adapta aos ambientes quentes do Espírito Santo. Suporta bem as altas temperaturas e a insolação. A planta é vigorosa, mais tolerante à seca e apresenta moderada resistência à ferrugem (principal doença do café). O tamanho do grão é de médio a grande, e a qualidade da bebida foi considerada superior, conforme classificação mundial, pois apresentou mais de 80 pontos.

“Durante muitos anos, o cafeicultor capixaba buscava aumentar sua produtividade. Por isso, o Incaper direcionou suas pesquisas para a seleção de materiais através de plantas assexuadas, que são as variedades clonais, bastante produtivas. Mas de uns anos para cá, até mesmo por conta do longo período de seca, essa necessidade mudou: o produtor agora busca por plantas mais resistentes, e as variedades seminais são alternativas adequadas para atender a essa demanda. A procura por café seminal aumentou

nos últimos anos, principalmente por conta da seca”, explicou Abraão Carlos Verdin Filho, pesquisador do Incaper e coordenador técnico de Cafeicultura.

Outra grande vantagem da cultivar é o preço da muda. Por exigir menos mão de obra, menos manejo e controle de viveiro, o custo da muda seminal é 50% menor do que as mudas clonais. “A cultivar Conquista consegue se desenvolver muito bem e ter uma boa produtividade mesmo sem irrigação, que acaba sendo o maior custo para o produtor. Se a ‘Conquista’ exigir água, será só uma irrigação suplementar, na fase da formação das mudas. Isso diminui bastante os custos de produção”, acrescentou Verdin.

“Muitos cafeicultores capixabas estão situados em regiões com grande *deficit* hídrico e, até mesmo por limitações econômicas, não têm condições de investir em irrigação, não têm onde buscar água. Essa variedade seminal veio para atender, principalmente, às necessidades daqueles produtores que têm mais dificuldade em acessar recursos”, complementou o pesquisador do Incaper.

O pesquisador do Incaper Romário Gava Ferrão, coordenador desse trabalho de melhoramento, destaca que a cultivar Conquista oferece mais segurança ao produtor: “Os avanços da cafeicultura nos últimos 30 anos são de conhecimento de todos. Mas ainda temos desafios, e um dos mais relevantes está relacionado às incertezas climáticas. O Incaper trabalha cada vez mais buscando tecnologias sustentáveis. E o Programa de Melhoramento Genético está inserido nesse contexto. Um entre os diferentes resultados desse Programa é a cultivar Conquista, que oferece mais segurança, sobretudo aos pequenos cafeicultores de base familiar, por reunir todas essas características”.

Como a tecnologia foi desenvolvida

A cultivar é fruto do agrupamento dos melhores clones do Programa de Melhoramento Genético do Incaper, que começou em 1985. Uma das principais características da ‘Conquista’ é sua ampla base genéti-

ca: para o desenvolvimento da cultivar, foram avaliadas, em experimentos nessas mais de 3 décadas, 3 mil plantas selecionadas em lavouras de cafeicultores capixabas e também do próprio Programa de Melhoramento Genético. Foram avaliadas de 6 a 12 colheitas para diferentes características associadas à produção e qualidade, e as 56 melhores foram selecionadas e agrupadas para a formação da nova cultivar.

O coordenador técnico de Cafeicultura do Incaper explicou que a variabilidade genética está diretamente relacionada com a sustentabilidade. “Há uns 30 anos, todas as lavouras do Espírito Santo eram seminais. Cada planta era um indivíduo diferente. Nós separamos os 56 genótipos com as características mais promissoras e agrupamos nessa cultivar. Essa variabilidade permite um equilíbrio das características de cada uma delas, o que é fundamental para a sustentabilidade. Quanto mais diversas forem as características genéticas da planta, maior variabilidade você tem, e mais sustentável se torna a lavoura”, disse Verdin.

As avaliações foram feitas em três ambientes, nos municípios de Marilândia, Sooretama e Cachoeiro de Itapemirim. Esses municípios são representativos da cafeicultura de conilon do Estado, segundo Ferrão. Ele lembra que os materiais foram avaliados em condições de estresse hídrico. “A planta necessita de 1.600 mm de chuva bem-distribuída ao longo do ano para se desenvolver e produzir bem. De acordo com os nossos estudos, a precipitação média dos últimos 33 anos nos três ambientes estudados foi de 1.137 mm. Mas houve registros em alguns anos de chuvas inferiores a 700 mm”.

Além disso, esses 56 materiais genéticos (clones e híbridos), que representam menos de 2% de todo o material avaliado, foi plantado em campo isolado, onde não há outro conilon por perto. O cruzamento entre essas plantas selecionadas resultou na semente que deu origem à cultivar Conquista.

Texto: Juliana Raymundi Esteves



Milho 'Imperador': a primeira variedade para produção orgânica do Espírito Santo

Rústica, a variedade de milho crioula mantém o padrão de produção e qualidade com menor custo

De grão em grão, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) desenvolveu a primeira variedade de milho totalmente orgânica do Espírito Santo. O 'ES-204 Imperador', lançado em dezembro de 2018, atendeu aos anseios dos agricultores que adotam práticas orgânicas e agroecológicas nas propriedades. A cultura do milho possui elevada importância na agricultura familiar e é de grande utilidade na alimentação humana e na produção orgânica certificada de ovos, leite e carne.

A nova variedade foi lançada em um momento extremamente oportuno. Até então, a maioria dos agricultores cultivava milho transgênico em suas propriedades, porque era a única semente disponível no mercado. "O milho 'Imperador' é uma opção para que o agricultor orgânico do Espírito Santo tenha sementes de qualidade genética e produtividade comprovadas cientificamente. E tem um trunfo: é

uma variedade que o agricultor consegue manter na propriedade e tem tripla aptidão: pode ser usado como grão; consumido em espiga, como milho-verde; e serve ainda para a produção de biomassa", destacou Jacimar Luis de Souza, pesquisador do Incaper e responsável pelos trabalhos.

Para desenvolver a variedade, o Incaper dedicou 28 anos de pesquisa. "A variedade 'ES-204 Imperador' é uma cultivar obtida pelo Incaper, por meio de diferentes estratégias de melhoramento genético. Os trabalhos foram iniciados em 1984. Foram realizados três ciclos de seleção e, em 1986, essa população foi lançada com a denominação 'Emcapa-201', como a primeira variedade melhorada de milho para o Espírito Santo. Os trabalhos de seleção em condições normais de cultivo e sem irrigação continuaram até 1990. Foi quando a variedade foi introduzida no sistema de cultivo orgânico, na Unidade de Referência

em Agroecologia do Incaper, na Região de Montanhas do Espírito Santo. Lá, foi submetida a 28 anos de seleção. Como resultado desse trabalho contínuo, obteve-se a variedade ‘ES-204 Imperador’”, explicou o pesquisador.

A variedade representa um importante resgate de material genético: “A preservação de variedades crioulas é fundamental na produção orgânica de alimentos, especialmente devido à grande perda de diversidade genética em diferentes espécies em todo o mundo. Ao retomar esse material, o Incaper colabora para manter o material crioulo, manter a biodiversidade”, acrescentou Souza.

Uma das grandes vantagens do milho ‘Imperador’ é o patamar de produtividade. A variedade chega a produzir 9.861 quilos de espigas e mais de 8 toneladas de grãos secos por hectare. Além da alta produtividade, o milho possui boa estabilidade de produção, bom empalhamento de espiga, tolerância às principais doenças foliares e de grãos e ao acamamento e quebraamento de planta.

Por ser uma variedade, a ‘ES-204 Imperador’ é mais rústica, apresenta custo de semente cerca de 50% menor que os híbridos e tem a grande vantagem

de permitir que suas sementes sejam utilizadas em novos plantios. “Essa é a grande vantagem do milho ‘Imperador’. É uma variedade que o produtor consegue manter na propriedade, com padrão produtivo e qualitativo. O agricultor tem mais autonomia para obter sementes de qualidade e com um menor custo de produção”, detalhou Souza.

“Outra coisa importante é que essa nova variedade tem condição de competir com milho híbrido e transgênico. No aspecto relativo à alimentação animal, a oferta de milho de composição nutricional conhecida é um benefício de destaque. Já na produção orgânica de milho para grãos ou milho-verde, a utilização de cultivares de polinização aberta é recomendada, pois permite a utilização de sementes do próprio sistema, tornando a atividade mais rentável”, disse o pesquisador. Além de Jacimar Luis de Souza, outros profissionais do Incaper participaram dos trabalhos que culminaram no desenvolvimento da variedade: os pesquisadores Romário Gava Ferrão, Hércio Costa e Maurício José Fornazier e o técnico agrícola Walter de Oliveira Filho.

Texto: Juliana Raymundi Esteves





**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**
Secretaria da Agricultura,
Abastecimento, Aquicultura e Pesca

