



PERÍODICOS 29° SEAGRO



*“Plantando hoje
as riquezas do futuro”*



ALEGRE - ES / CCAE / UFES
2018

ORGANIZADORES

Carlos Antônio Pelúzio Silva	Hiago Zambão Falqueto
Catariny Fortana Nicoli	Ingrid Fioresi Sartori
Cledenilson Monhol	José Romário de Carvalho
Cássia Barreto Soares	Leando Pin Dalvi
Gabriel do Carmo Azevedo	Renato Ribeiro Passos
Jadson Pinto Zorzal	Lidiane Gomes dos Santos
Juliana Elias de Oliveira	Lucas Mareto
Mila Letice Sangali Mattos Ferreira	Patrícia Elisa da Silva Moreira
Reinys Pogian Alves	Ramon Amaro de Sales
Rilary Xavier dos Santos	Rosemberg Bragança
Roberto Mauri Marques	Ualace de Oliveira dos Reis
Thayllon de Assis Alves	Willian Bucker Moraes
Weliton Geraldo Sartorio	Willian Rodrigues Ribeiro
Guilherme de Resende Camara	

29 SEMANA AGRONÔMICA DO CCAE-UFES:

Plantando hoje as riquezas do futuro

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-54343-15-6



9 788554 343156

AUTORES

Ariany das Graças Teixeira. Bacharel em Agroecologia. Doutora em Produção Vegetal. E-mail: arianyteixeira@yahoo.com.br

Breno Benvindo dos Anjos. Engenheiro Agrônomo. Mestre em Produção Vegetal. Doutorando em Produção Vegetal. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: bbdanjos@gmail.com

Caique Carvalho Medauar. Engenheiro Agrônomo. Mestre em Produção Vegetal. Doutorando em Produção Vegetal. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: caiquemedauar@hotmail.com

Carlos Alberto Gonçalves Gomes. Graduando em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: carlostec.agp@hotmail.com

Dário Antônio Fioresi Moreira. Técnico em Agropecuária. Encarregado de Fomento. Grupo Resinas Brasil (GRB). E-mail: dario.moreira@resinasbrasil.com.br.

Fabio Luiz de Oliveira. Licenciado em Ciências Agrícolas. Doutor em Fitotecnia. Professor Associado. Departamento de Produção Vegetal. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: fabio.oliveira.2@ufes.br.

Guilherme Carneiro de Mendonça. Engenheiro Florestal. Mestre em Ciências Florestais. Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA. E-mail: guic_m@yahoo.com.br.

Guilherme de Resende Camara. Engenheiro Agrônomo. Mestre em Produção Vegetal. Doutorando em Produção Vegetal. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: camara.gdr@gmail.com

Gustavo Soares de Souza. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Engenharia Agrícola. Agente de Pesquisa e Inovação. Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Sul. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. E-mail: gustavo.souza@incaper.es.gov.br

Isadora Rodrigues Garcia. Graduanda em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: isadorargz@hotmail.com.

Joab Luhan Ferreira Pedrosa. Engenheiro Agrônomo. Doutorando em Produção Vegetal. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: joabluhan@yahoo.com.br

João Felipe de Brites Senra. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas. Agente de Extensão. Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Sul. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. E-mail: joao.senra@incaper.es.gov.br

José Antônio Lani. Engenheiro Agrônomo. Mestre em Solos e Nutrição de Plantas. Agente de Pesquisa e Inovação. Gerência de Pesquisa. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. E-mail: jalani@incaper.es.gov.br

Juliana Elias de Oliveira. Graduanda em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: juliana.elias.o@hotmail.com

Julião Soares de Souza Lima. Engenheiro Agrícola. Doutor em Ciência Florestal. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Professor Titular. Departamento de Engenharia Rural. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: limajss@yahoo.com.br

Lorena Abdalla de Oliveira Prata Guimarães. Engenheira Agrônoma. Doutora em Solos e Nutrição de Plantas. Pesquisadora. Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Sul. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper. E-mail: lorena.prata@hotmail.com.

Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Engenheiro Florestal. Doutor em Ciências Florestais. Professor Associado II. Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: mvwcaldeira@gmail.com.

Michel de Assis e Silva. Engenheiro Agrônomo. Secretário de Agricultura de Espera Feliz – MG. Consultor do SENAR-MG. Mestrando em Produção Vegetal. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: michelsilv@outlook.com

Renato Corrêa Taques. Engenheiro Agrimensor. Mestre em Ciência do Solo. Agente de Pesquisa e Inovação. Gerência de Pesquisa. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. E-mail: renato@incaper.es.gov.br

Samuel de Assis Silva. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Engenharia Agrícola. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Professor Adjunto I. Departamento de Engenharia Rural. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: samuel.silva@ufes.br

Sarah Ola Moreira. Engenheira Agrônoma. Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas. Pesquisadora do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Centro de Pesquisa e Inovação em Desenvolvimento Rural Serrano. E-mail: sarah.ola@gmail.com.

Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes. Engenheira Agrônoma. Mestre em Produção Vegetal. Doutoranda em Produção Vegetal. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: simonepaiva01@hotmail.com

Tiago de Oliveira Godinho. Engenheiro Florestal. Doutor em Ciências Florestais. Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Centro de Pesquisa e Inovação em Desenvolvimento Rural Serrano. Vice-presidente da Associação dos Engenheiros Florestais do Espírito Santo (Aefes). E-mail: godinhoto@hotmail.com.

Vanessa Maria de Souza Barros. Bacharel em Agroecologia. Mestre em Produção Vegetal. Doutoranda em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: vanessa.598@hotmail.com

Waldir Cintra de Jesus Junior. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Fitopatologia. Professor Associado II. Centro de Ciências da Natureza. Universidade Federal de São Carlos. E-mail: wcintra@yahoo.com

Willian Bucker Moraes. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Proteção de Plantas. Professor Adjunto C, nível 1. Departamento de Agronomia. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: willian.moraes@ufes.br

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

EFEITO DO AMBIENTE NA OCORRÊNCIA DA FERRUGEM 7
DO CAFEIEIRO CONILON

CAPÍTULO 2

PROGRAMA DE EXPANSÃO DO PLANTIO DE PINUS PARA PRODUÇÃO DE 20
GOMA-RESINA E MADEIRA NO ESPÍRITO SANTO

CAPÍTULO 3

PRODUTOS ORGÂNICOS: CANAIS DE COMERCIALIZAÇÃO E AGREGAÇÃO 42
DE VALOR

CAPÍTULO 4

POTENCIAL DE MECANIZAÇÃO DAS LAVOURAS CAFEIEIRAS NO ESTADO 55
DO ESPÍRITO SANTO

CAPÍTULO 5

MECANIZAÇÃO E AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA CULTURAS PERENES 68

CAPÍTULO 6

CULTIVO DE HORTALIÇAS EM AMBIENTE PROTEGIDO 88

CAPÍTULO 7

CONCEITOS E PRINCÍPIOS PRÁTICOS DA AGROFLORESTA SUCESSIONAL 109
BIODIVERSA (AGRICULTURA SINTRÓPICA)

CAPÍTULO 1

EFEITO DO AMBIENTE NA OCORRÊNCIA DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO CONILON

Willian Bucker Moraes

Guilherme de Resende Camara

Carlos Alberto Gonçalves Gomes

Isadora Rodrigues Garcia

Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes

Breno Benvindo dos Anjos

Waldir Cintra de Jesus Junior

1.INTRODUÇÃO

A produção agrícola brasileira possui destaque no cenário agrícola mundial, sendo o país o quarto maior produtor mundial de alimentos, com representatividade de um quarto do Produto Interno Bruto (PIB). Maior produtor e exportador de açúcar, café e cana, o Brasil destaca-se também na produção de laranja (1º maior produtor), soja (2º maior produtor e 1º maior exportador), mamão (2º maior produtor e exportador), milho (3º maior produtor e 2º maior exportador), algodão (5º maior produtor e 4º maior exportador) e uva (6º maior produtor) (IBGE, 2017; USDA, 2018).

A cafeicultura, considerada como uma das atividades de maior importância no setor agropecuário mundial (FERRÃO et al., 2011; EMBRAPA, 2017), possui mais de 55 países envolvidos neste ramo de produção, sendo o Brasil, Vietnã, Colômbia e Indonésia os principais países produtores, respectivamente (FERRÃO et al., 2011; ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ – OIC, 2016).

A incidência de doenças no cafeeiro representa uma das barreiras mais limitantes para a manutenção e aumento da produção e da produtividade no cenário agrícola nacional, com destaque para a ferrugem do cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. (CARVALHO, CHALFOUN e CUNHA, 2013; ZAMBOLIM, 2015). Sua ocorrência de forma generalizada em todas as regiões de cultivo, com severidade variável em função da agressividade do patógeno, das condições meteorológicas locais, carga pendente, estado nutricional e resistência das plantas, além da densidade de plantio, fazem com que esta seja considerada a doença mais importante da cultura, com redução de rendimentos estimada, segundo CAPUCHO et al. (2013), entre 30 a 50%, quando em condições favoráveis a epidemia da doença.

Um dos grandes desafios para produtores e pesquisadores do ramo é o manejo sustentável da ferrugem do cafeeiro, o qual deverá atender as exigências de qualidade do mercado nacional e internacional simultaneamente a oferta de um produto seguro, economicamente viável e com baixo impacto ambiental, a partir da racionalização de toda a cadeia produtiva (MORAES et al., 2018).

Para isso, o conhecimento dos fatores que estão diretamente relacionados a epidemiologia da ferrugem do cafeeiro tornam-se importantes, uma vez que condicionam a doença, sua incidência e a severidade, auxiliando, também, na tomada de decisão por novos e mais adequados métodos de controle a serem utilizados em um manejo fitossanitário de doenças (MONTROYA e CHAVES, 1974; VALE et al., 2004).

2.ASPECTOS ECONÔMICOS DA CULTURA

A cafeicultura, representada principalmente pela produção das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, as quais, juntas, correspondem a quase todo o café produzido e comercializado no mundo (FERRÃO et al., 2011), é considerada como uma das atividades de maior importância no setor agropecuário mundial (EMBRAPA, 2017) e possui mais de 55 países envolvidos no setor de produção, com destaque para o Brasil, maior produtor e exportador mundial da cultura, com 31,9% da produção, à frente de países como Vietnã (18,5%), Colômbia (8,8%) e Indonésia (7,5%) (OIC, 2018).

O Brasil, com um aumento na produção de 18,8% no ano de 2017 em relação a 2016 e com produtividade média recorde de 24,14 sacas, 17,1% superior à safra passada, totalizou 44,970 milhões de sacas de 60 quilos em uma área de produção de 1,63 milhões de hectares, com perspectivas de aumento entre 21,1 a 30,1% em produção e 17,7 a 26,5% em produtividade na safra 2018 (CONAB, 2018).

Sendo o segundo maior país produtor de *C. canephora* e o primeiro maior produtor de *C. arabica*, com produção correspondente a 17% e 35% da produção mundial, respectivamente, o Brasil destaca-se como maior exportador, com aproximadamente 23 milhões de sacas de 60 quilos, com receita cambial de US\$ 3,94 bilhões, ao preço médio de US\$ 171,19 a saca (CECAFE, 2017).

No panorama nacional de produção de café conilon e arábica, a região sudeste destaca-se com a produção concentrada em dois principais estados: Minas Gerais e Espírito Santo, os quais, juntos, produzem 75% da produção nacional de café (CONAB, 2016; LSPA, 2017). Ao todo, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná e Goiás são responsáveis por aproximadamente 98,65% da produção nacional. Acre, Ceará, Pernambuco, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Pará, Mato Grosso e Rio de Janeiro respondem pelos outros 1,35% da produção (MAPA, 2017).

Com o intuito de promover o desenvolvimento nacional da cafeicultura, diversos programas nacionais e estaduais de incentivo foram implementados nas mais diversas regiões produtoras do país, a exemplo do FUNCAFÉ (MAPA, 2017), Renova Sul Conilon (ES) (INCAPER, 2016), Cafés do Cerrado (MG) (FECACE, 2015), Tecnificação da Cafeicultura (RO) (RURAL CENTRO, 2010) e Rio Rural (RJ) (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2017). A pesquisa científica, a transferência de tecnologias, a capacitação dos produtores, o incentivo a produção e a prestação de assistência técnica são algumas das ações previstas nestes programas governamentais, os quais objetivam, dentre outros, implementar, renovar e/ou revigorar lavouras de café visando o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade do produto final, além de contribuir com o sustentável desenvolvimento regional.

3. ASPECTOS FITOSSANITÁRIOS DA CULTURA

O manejo fitossanitário da cultura do café é um dos grandes desafios para produtores e pesquisadores do setor cafeeiro, os quais deverão atender as exigências de qualidade do mercado nacional e internacional simultaneamente a oferta de um produto seguro, de qualidade, economicamente viável, com potencial competitividade no mercado e com baixo impacto ambiental, a partir da compreensão e racionalização de todas as etapas da cadeia produtiva (MORAES et al., 2018).

As doenças representam um dos fatores mais limitantes para o desenvolvimento do setor cafeeiro, seja em viveiro ou a campo, tanto para produtores de base familiar quando de base empresarial, pois podem decorrer em redução da produção, produtividade e qualidade final do produto e aumento do custo de produção, o que poderá acarretar na inviabilidade econômica de exploração da cultura (CARVALHO, CUNHA e SILVA, 2012; VENTURA, COSTA e LIMA, 2017).

O emprego de estratégias integradas de controle de doenças do cafeeiro, sejam estas culturais, físicas, biológicas, químicas, genéticas ou legislativas, deverão contemplar os aspectos fitossanitários de origem biótica (causadas por fungos, vírus, bactérias, nematoides, entre outros) e abiótica (decorrentes de temperaturas extremas, desequilíbrio nutricional, excesso ou déficit hídrico, fitotoxidez, entre outros) (ZAMBOLIM, ZAMBOLIM e JESUS JUNIOR, 2008; FERNANDES e VIEIRA JUNIOR, 2015).

Dentre as principais doenças de origem biótica que incidem sobre o cafeeiro, destaca-se a Ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.), Mancha-de-olho-pardo ou Cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. et Cook), Mancha Manteigosa (*Colletotrichum* spp), Mancha de *Phoma* (*Phoma costaricensis*), Seca-dos-Ponteiros (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz. (Melanconiales: Glomerellaceae), Fusariose (*Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. moliniforme*, *F. semitectum*, *F. equiseti.*), Mancha-de-Corynespora (*Corynespora cassiicola* (Berk. & Curtis) Wei) e as Nematoses, doenças decorrentes do parasitismo do sistema radicular por fitonematoides, principalmente dos gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Xiphinema*, *Criconemela* e *Helicotylenchus*.(FERNANDES e VIEIRA JUNIOR, 2015; VENTURA, COSTA e LIMA, 2017).

Para que a sustentabilidade do setor cafeeiro seja assegurada, estratégias de manejo e de controle de doenças devem considerar os fatores genéticos do hospedeiro, evolutivos do patógeno e epidemiológicos das doenças devendo, estas, serem aplicadas em escala temporal e espacial, baseadas em pesquisas de cunho científico (VENTURA, COSTA e LIMA, 2017).

4. A FERRUGEM DO CAFEIEIRO

Em um patossistema agrícola, as epidemias de doenças de plantas resultam das relações estabelecidas entre o patógeno (agente específico causador de doença com alta capacidade infectiva e reprodutiva), hospedeiro (plantas hospedeiras suscetíveis), ambiente (condições favoráveis do ambiente para o desenvolvimento do patógeno), homem (preponderante no estabelecimento das condições que favorecem

ou não o desenvolvimento de epidemias) e vetor (quando houver) (VALE; JESUS JUNIOR; ZAMBOLIM, 2004), sendo as relações entre patógeno, hospedeiro e ambiente, também denominadas de ‘Triângulo da Doença’, as mais importantes.

A ferrugem do cafeeiro, também denominada de ferrugem alaranjada do cafeeiro, é decorrente da interação entre o fungo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. e o hospedeiro *Coffea* spp., sob condições favoráveis para o desenvolvimento da doença. Diagnosticada pela primeira vez em 1861 na Província de Nyanza (Quênia), a doença foi descrita em 1869 por Berkeley e Broome, após consequências devastadoras da doença em lavouras comerciais no Ceilão, hoje Sri Lanka (VENTURA et al., 2017).

No Brasil, os primeiros relatos de *Hemileia vastatrix* ocorreram no sul do estado da Bahia, em 1970. Quatro meses após a doença já havia sido relatada em quase todos os estados do país e, após uma década, em toda a América Latina (ZAMBOLIM, VALE e ZAMBOLIM, 2005; VENTURA et al., 2017).

A rápida disseminação da doença e a susceptibilidade dos materiais cultivados a campo evidenciam a ocorrência da doença de forma generalizada em todas as regiões de cultivo, com severidade variável em função da agressividade do patógeno, das condições meteorológicas locais, carga pendente, estado nutricional e resistência das plantas, além da densidade de plantio. A associação destes fatores faz com que esta seja considerada a doença mais importante da cultura, com redução de rendimentos estimada entre 30 a 50%, quando em condições favoráveis a epidemia da doença (CAPUCHO et al. 2013).

O conhecimento de cada um dos fatores que interferem e determinam em uma maior ou menor taxa de progresso da ferrugem do cafeeiro torna-se de grande importância, uma vez que condicionam a distribuição e intensidade da doença (sua incidência e severidade) e auxiliam, conseqüentemente, na compreensão da ocorrência de epidemias, permitindo o estabelecimento de um programa de manejo fitossanitário com medidas de controle mais adequadas (MORAES et al., 2018). Entretanto, conforme será abordado a seguir, o ambiente exerce papel preponderante sobre os demais fatores que constituem o ‘Triângulo da Doença’, ou seja, patógeno e hospedeiro, uma vez que também os influencia.

4.1. EFEITO DO AMBIENTE NA OCORRÊNCIA DA FERRUGEM DO CAFEEIRO CONILON

O conhecimento dos efeitos ambientais que interferem na ocorrência da ferrugem do cafeeiro conilon é de grande importância, uma vez que afetam a epidemiologia da doença em seus aspectos espaciais (distribuição geográfica) e temporais, visto influenciar diretamente no crescimento e na suscetibilidade da planta hospedeira, na disseminação, na infecção, na colonização, na reprodução e na sobrevivência do patógeno, condicionando, assim, a intensidade da doença e sua taxa de desenvolvimento (HAMADA et al., 2015; ANGELOTTI, GHINI e BETTIOL, 2017).

De modo geral, as condições epidemiológicas são específicas para cada caso, visto estarem mais diretamente condicionadas aos efeitos ambientais locais do que regionais (MONTROYA e CHAVES, 1974), sejam estes relacionados a temperatura (máxima, média e mínima), precipitação, umidade relativa do ar, vento, face de exposição ao sol (Noruega ou Soalheira), radiação solar, concentração de CO²,

Efeito do Ambiente na Ocorrência da Ferrugem do Cafeeiro Conilon

balanço hídrico, características físico-químicas e biológicas do solo, relevo, adensamento e tratos culturais (VALE et al., 2004; GONÇALVES, 2015). As atuais técnicas de manejo do cafeeiro conilon podem ser otimizadas a partir do conhecimento das condições ambientais que favorecem ou não o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro.

Dentre os fatores relacionados ao ambiente anteriormente descritos, os quais interferem direta e indiretamente no desenvolvimento do hospedeiro e do patógeno, condicionando a uma maior ou menor epidemia da doença nas lavouras, aqueles relacionados as condições climáticas/meteorológicas (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, radiação solar, vento e face de exposição ao sol) são de grande importância (VALE, JESUS JUNIOR e ZAMBOLIM, 2004). Nesse sentido, e considerando os relatórios divulgados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), pode-se relacionar que as mudanças climáticas globais promoverão significativas alterações na intensidade de doenças de plantas, ocasionando graves consequências sociais, econômicas e ambientais (GHINI, HAMADA e BETTIOL, 2008).

O efeito das condições climáticas/meteorológicas e a análise de risco das mudanças climáticas globais sobre a intensidade das doenças de plantas deve ser considerada pelo setor agrícola, visto que permite ao produtor ou profissional implementar e avaliar as estratégias de manejo utilizadas em um programa de manejo fitossanitário, preconizando-se o uso de estratégias de controle mais racionais que minimizem prejuízos futuros e que atendam as atuais demandas econômicas, sociais e ambientais do mercado consumidor (GHINI, HAMADA e BETTIOL, 2008). Diversos modelos de previsão de doenças e sistemas de alerta fitossanitários estão embasados no conhecimento da interação entre o patógeno, hospedeiro e as variáveis climáticas/meteorológicas (VALE et al., 2004).

4.1.1. TEMPERATURA

Dentre as variáveis ambientais que condicionam a incidência e a severidade da ferrugem do cafeeiro, a temperatura destaca-se como variável meteorológica/climática de maior influência sobre a relação patógeno-hospedeiro (ANGELOTTI, GHINI e BETTIOL, 2017). Ademais, a temperatura condiciona as interações com microrganismos simbiotes, com os insetos e plantas espontâneas, bem como na resistência a doenças e insetos-praga (AGRIOS, 2005).

As doenças decorrentes de patógenos de solo são predominantemente influenciadas pelo clima da região, enquanto que para patógenos foliares a maior influência é exercida pelas condições meteorológicas locais, as quais afetam diretamente o microclima, condicionando epidemias esporádicas e curtas, de características muitas vezes explosivas (VALE et al., 2004).

De maneira geral, a temperatura atua em todas as fases do ciclo das relações estabelecidas entre o patógeno e o hospedeiro (disseminação, infecção, colonização, reprodução e sobrevivência), e os patossistemas respondem individualmente as variações de temperatura (ANGELOTTI et al., 2014). Na fase de infecção, por exemplo, a temperatura pode elevar ou reduzir a taxa de germinação dos esporos

(MAIA et al., 2011; POLTRONIERI et al., 2013), o que irá interferir, diretamente, na velocidade e expansão da doença (VALE et al., 2000; MAY-DE-MIO et al., 2002). É o que ocorre no patossistema *Hemileia vastatrix* vs *Coffea canephora*, na qual a temperatura interfere na germinação dos uredósporos, sendo considerada ótima quando a 22°C. Temperaturas abaixo de 15°C e acima de 28°C inibem o processo de germinação (ZAMBOLIM, VALE e ZAMBOLIM, 2005). O número de ciclos da doença durante o período de cultivo está associado a temperatura favorável e ao desenvolvimento do patógeno, permitindo que o mesmo complete o ciclo em um menor tempo (ANGELOTTI, GHINI e BETTIOL, 2017).

Diferentemente do que ocorre na fase de germinação, o alongamento do tubo germinativo é crescente com o aumento da temperatura, até atingir 30°C. Essa característica evidencia que uma temperatura não favorável ao processo de germinação pode não ser adversa para o processo germinativo, após este ter iniciado, assim como para as demais fases do ciclo do patógeno (ZAMBOLIM, VALE e ZAMBOLIM, 2005).

Considerando, então, a influência da temperatura sobre todas as fases do ciclo do patógeno, o período de incubação (período entre a germinação e o aparecimento dos sintomas) e o período latente (período entre a germinação e o aparecimento dos sinais) de *Hemileia vastatrix* em *Coffea canephora* pode variar de 29 a 62 dias e de 38 a 70 dias, respectivamente, interferindo diretamente na taxa de progresso da doença (ZAMBOLIM, VALE e ZAMBOLIM, 2005).

Elevadas temperaturas durante o período de incubação condicionam efeitos negativos nas taxas de infecção da ferrugem do cafeeiro. Moraes et al. (1976) e Meira, Rodrigues e Moraes (2008), relataram que temperaturas médias máximas micro-climáticas acima de 31°C e 28°C, respectivamente, ocasionaram efeito depressivo sobre o período de incubação.

Alterações no período latente da ferrugem do cafeeiro também foram relatadas por Vale, Zambolim e Jesus Junior (2000), os quais observaram alterações de 19 dias quando prevalência de temperaturas elevadas no verão e de até 60 dias quando em baixas temperaturas no inverno. Tais alterações permitem concluir que medidas de controle da ferrugem do cafeeiro podem não apresentar resultados satisfatórios se implementadas no período em que as variáveis climáticas/meteorológicas exercem maior efeito negativo sobre a intensidade da doença.

O mesmo foi relatado por Vale, Zambolim e Jesus Junior (2000b), os quais observaram que há uma grande e estreita relação entre as condições de favorabilidade à infecção e a severidade da doença no campo, quando temperaturas entre 20 e 25°C e presença de molhamento foliar, condicionando picos da severidade da doença de novembro a março (período favorável ao patógeno). Mas não somente a temperatura durante o período de molhamento foliar é importante. As médias baixas de temperatura mínima e as médias altas de temperatura máxima diárias exercem, segundo Meira, Rodrigues e Moraes (2008), influência negativa nas taxas de infecção da ferrugem do cafeeiro, ou seja, as máximas e mínimas de temperatura durante a fase de infecção também possuem importância, embora em menor grau.

A identificação da capacidade de sobrevivência do patógeno em função da temperatura é importante para a compreensão do comportamento deste e sua capacidade de se estabelecer em novas regiões

Efeito do Ambiente na Ocorrência da Ferrugem do Cafeeiro Conilon

(ANGELOTTI, GHINI e BETTIOL, 2017). A adaptabilidade do patógeno a novas condições climáticas, principalmente quando consideramos os relatórios divulgados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), poderá determinar não somente uma maior ou menor intensidade da doença e, conseqüentemente, em uma maior ou menor perda futura, mas também poderá alterar as áreas atualmente mais favoráveis a produção do cafeeiro em nível global.

4.1.2. PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA DO AR

A precipitação e a umidade relativa do ar são, também, fatores ambientais diretamente relacionados a variação da intensidade da doença nas lavouras cafeeiras, visto propiciar não somente a umidade necessária para a germinação dos esporos, mas também são fundamentais para a dispersão destes (VALE, ZAMBOLIM e JESUS JUNIOR, 2000b; MONTEIRO, SENTELHAS e CHIAVEGATO, 2006).

A interação existente entre a temperatura e o molhamento foliar determinam o percentual de germinação dos esporos e de penetração do agente etiológico da ferrugem (KUSHALAPPA, AKUTSU e LUDWIG, 1983). Essa afirmação corrobora com estudos de Meira, Rodrigues e Moraes (2008), referente a análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro a partir do uso de árvore de decisão. Os autores afirmam que a temperatura durante o período de molhamento foliar, a qual é estabelecida indiretamente pela temperatura média nos períodos de alta umidade relativa do ar (>95%), podem ser consideradas as variáveis mais importantes na determinação da taxa de infecção da ferrugem. Ressalta-se que o molhamento foliar ocorre mesmo quando não há precipitação, desde que a umidade relativa do ar esteja igual ou superior a 90% (SENTELHAS et al., 2008).

Ademais, a taxa de progresso da ferrugem do cafeeiro nas lavouras está diretamente relacionada a intensidade das chuvas e ao o período de duração do molhamento foliar. A taxa de germinação dos esporos de *Hemileia vastatrix* são favorecidas por chuvas com baixa intensidade e o orvalho, os quais umedecem as folhas durante várias horas, condições estas necessárias ao processo germinativo (MONTROYA e CHAVES, 1974; MONTEIRO, SENTELHAS e CHIAVEGATO, 2006). Por outro lado, chuvas de moderada a alta intensidade, principalmente quando em um maior período de tempo, atuam como mecanismos de remoção de inóculo, conduzindo a maior parte destes esporos ao chão e refletindo, diretamente, na redução da taxa de evolução da doença nos dias subsequentes (KUSHALAPPA e ESKES, 1989; MONTEIRO, SENTELHAS e CHIAVEGATO, 2006).

4.1.3. RADIAÇÃO

A radiação solar inibe tanto o processo de germinação quanto o crescimento do tubo germinativo dos uredósporos de *H. vastatrix* (ZAMBOLIM, VALE e ZAMBOLIM, 2005). Quando associada ao período de molhamento foliar, exerce determinante influência sobre o patógeno, visto que o período de

duração do molhamento foliar está diretamente relacionado ao período de exposição das folhas ao sol (CUSTODIO et al., 2010)

Para o agente causal da ferrugem do cafeeiro, o molhamento foliar decorrente da presença de água no estado líquido é um fator indispensável para o processo de germinação dos uredósporos de *H. vastatrix* (WARD, 1882) que iniciam a colonização dos tecidos a partir da penetração pelos estômatos das folhas (MCCAIN e HENNEN, 1984). Quando as condições do ambiente estão favoráveis ao patógeno, ou seja, temperatura ótima de 22°C, ausência de luminosidade e presença de molhamento foliar, o processo de germinação dos uredósporos de *H. vastatrix* pode ocorrer em menos de cinco horas. Portanto, as condições favoráveis ao processo de germinação anteriormente descritas ocorrem a noite (ZAMBOLIM, VALE e ZAMBOLIM, 2005).

4.1.4. VENTO E FACE DE EXPOSIÇÃO AO SOL

O microclima de uma lavoura é influenciado por diversos fatores relacionados as condições meteorológicas locais, relevo, área foliar, sistema de plantio, espaçamento, vento e face de exposição das plantas em relação ao sol, os quais, associados, interferem na interceptação e no balanço da radiação, bem como na temperatura, umidade, e regime de molhamento foliar (MADEIRA et al., 2002; SALGADO et al., 2007; SENDELHAS et al., 2008).

O efeito do vento na ocorrência da ferrugem do cafeeiro é considerado como o principal agente de disseminação da doença a curtas e longas distâncias, sendo fator limitante a ser considerado no manejo fitossanitário desta doença. Além deste, o vento é um dos fatores ambientais responsáveis por promover a renovação do ar no interior do dossel da cultura, acelerando o processo de evaporação da água presente na superfície das plantas e reduzindo a duração do período de molhamento foliar. A intensidade da doença e seu progresso na área em função do vento dependerá, então, de cada área de produção em particular (MONTEIRO, SENDELHAS e CHIAVEGATO, 2006).

A depender das condições de manejo, como a direção de plantio do cafeeiro e, conseqüentemente, sua face de exposição ao sol, alterações na intensidade da doença podem modificar o período de molhamento foliar e do sombreamento das folhas. Um menor período de molhamento pode ser determinado pelo menor tempo de exposição das folhas ao sol.

Conforme anteriormente discutido, o efeito das condições climáticas/meteorológicas e a análise de risco das mudanças climáticas globais sobre a intensidade das doenças de plantas é de grande importância, uma vez que afetam a epidemiologia da doença em seus aspectos espaciais e temporais, e devem ser consideradas pelo setor agrícola, visto que permite ao produtor ou profissional implementar e avaliar as estratégias de controle utilizadas em um programa de manejo fitossanitário que minimizem prejuízos futuros e que atendam as atuais demandas econômicas, sociais e ambientais do mercado consumidor.

Efeito do Ambiente na Ocorrência da Ferrugem do Cafeeiro Conilon

A partir da determinação precisa e acurada dos efeitos do ambiente na ocorrência da ferrugem do cafeeiro conilon, é possível desenvolver métodos ou modelos que identifiquem situações em que a incidência ou elevação da taxa de progresso da doença seja iminente. O manejo fitossanitário e o desenvolvimento dos chamados sistemas de alerta tem sido beneficiados pelo rápido desenvolvimento de avançadas tecnologias, seja pela aquisição de dados a partir de estações meteorológicas, sensoriamento remoto, sistemas de informação global (GIS), sistemas de posicionamento geográfico (GPS), dentre outros.

5. REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. Plant pathology. e.5, Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005. 922p.
- ANGELOTTI, F.; GHINI, R.; BETTIOL, W. Como o aumento da temperatura interfere nas doenças de plantas?.In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Org.). Aquecimento global e problemas fitossanitários, e.1, v.1, p.116-143, 2017.
- ANGELOTTI, F.; SCAPIN, C. R.; TESSMANN, D. J.; VIDA, J. B.; CANTERI, M. G. The effect of temperature, leaf werness and light on development of grapevine rust. **Australasian Plant Pathology**, v.43, n.1, p.9-13, 2014.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Introduction to plant disease epidemiology. New York: John Wiley & Sons, 1990. 655 p.
- CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L.; CABRAL, P. G. C.; MACIEL-ZAMBOLIM, E.; CAIXETA, E. T. Climate favourability to leaf rust in Conilon coffee. **Australasian Plant Pathology**, v.42, n.5, p.511-514, 2013.
- CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L.; CABRAL, P. G. C.; MACIEL-ZAMBOLIM, E.; CAIXETA, E. T. Climate favourability to leaf rust in Conilon coffee. **Australasian Plant Pathology**, v.42, n.5, p.511-514, 2013.
- CARVALHO V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v.7, n.1, p.42-49, 2012.
- CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M.; CUNHA, R. L. **Doenças do cafeeiro: diagnose e controle**. Belo Horizonte: EPAMIG, 48p. 2013. (Boletim técnico 103).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – primeiro levantamento safra 2018**. Brasília: CONAB, 2018. 73p. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/conab_safra2018_n1.pdf>. Acesso em 20 maio 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – quarto levantamento safra 2016**. Brasília: CONAB, 2016. 77 p. Disponível em:

<http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/Boletim_cafe_dezembro_2016.pdf>. Acesso em 14 maio 2017.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. Relatório mensal: fevereiro 2017. São Paulo: CECAFE, 2017. 16p. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_FEVEREIRO_2017.pdf>. Acesso em 25 maio 2017.

CUSTODIO, A. A. P.; POZZA, E. A.; CUSTODIO, A. A. P.; SOUZA, P. E. S.; LIMA, L. A.; LIMA, L. M. Intensidade da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro quanto à face de exposição das plantas. **Coffee Science**, v.5, n.3, p.214-228, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Evolução da cafeicultura brasileira nas últimas décadas. Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 3p. 2017. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Consortio-Embrapa-Cafe-Evolucao-24-1-2017.pdf>. Acesso em 20 maio 2018.

FEDERAÇÃO DOS CAFEICULTORES DO CERRADO – FECACE. Plano de desenvolvimento, sustentabilidade e promoção do Cerrado Mineiro 2015/2020. 2015. Disponível em: <http://www.cafedocerrado.org/include/_Plano_RCM_2015_2020.pdf>. Acesso em 27 ago. 2018.

FERNANDES, C. F.; VIEIRA JUNIOR, J. R. Doenças do cafeeiro. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Ed.). *Café na Amazônia*. Brasília, DF: Embrapa, p.279-307, 2015.

FERRÃO, R. G. A cafeicultura no estado do Espírito Santo. In: TOMAZ, M. A. (Org.). *Tecnologias para a sustentabilidade da cafeicultura*. Alegre: UFES, 2011. p.19-50.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre as doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.16, p.1-37. 2008.

GONÇALVES, D. R. C. Avaliação do efeito da face de exposição solar sobre o crescimento de plantas comerciais de *Eucalyptus* sp. na região sudoeste do estado de São Paulo. 2015. 91f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Projeto estadual fortalece a cafeicultura fluminense. 2017. Disponível em <<http://www.rj.gov.br/web/imprensa/exibeconteudo?article-id=4386165>> Acesso em 27 ago. 2018.

HAMADA, E.; VOLPATO, M. M. L.; FERREIRA, G. L. F.; ALVES, H. R.; SOUZA, V. C. O.; VIEIRA, T. G. C. Simulação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a ferrugem do café na região Sudeste do Brasil. Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa – PB, Brasil, p.2629-2636, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil – dezembro 2017. Disponível em:

Efeito do Ambiente na Ocorrência da Ferrugem do Cafeeiro Conilon

<[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/2017/lspa_201712.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2017/lspa_201712.pdf)>. Acesso em 27 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil – abril 2016. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 79p. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201706.pdf>. Acesso em 22 ago. 2017.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – INCAPER. Cafeicultura. Espírito Santo: INCAPER, 2016. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura>>. Acesso em 09 ago. 2017.

KUSHALAPPA, A. C.; AKUTSU, M.; LUDWIG, A. Application of survival ratio monocyclic process of *Hemileia vastatrix* in predicting coffee rust infection rates. **Phytopathology**, v.73, p.96-103, 1983.

KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. Coffee rust: epidemiology, resistance and management. Boca Raton FL. CRC Press, 1989.

MADEIRA, A. C.; KIM, K. S.; TAYLOR, S. E.; GLEASON, M. L. A simple cloud-based energy balance model to estimate dew. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.111, p.55-63, 2002.

MAIA, F. G. M.; ARMESTO, C.; ZANCAN, W. L. A.; MAIA, J. B.; ABREU, M. S. Efeito da temperatura no crescimento micelial, produção e germinação de conídios de *Colletotrichum* spp. isolados de mangueira com sintomas de antracnose. **Bioscience Journal**, v.27, n.2, p.205-210, 2011.

MAY-DE-MIO, L. L.; AMORIN, L. Influência da temperatura e da duração do molhamento foliar nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo. **Summa Phytopathologica**, v.28, n.1, p.33-39, 2002.

MCCAIN, J. W.; HENNEN, F. Development of uredinial thallus and sorus in the orange coffee rust fungus *Hemileia vastatrix*. **Phytopathology**, v.74, p.714–721, 1984.

MEIRA, C. A. A.; RODRIGUES, L. H. A.; MORAES, S. A. Análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro com árvore de decisão. **Tropical Plant Pathology**, v.33, n.2, p.114-124, 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Café no Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em 27 ago. 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Café. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>>. Acesso em 14 ago. 2017.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J. Ambiente tem papel decisivo na ocorrência de doenças. **Visão Agrícola**, n.6, p.85-87, 2006.

- MONTOYA, R. H.; CHAVES, G. M. Influência da temperatura e da luz na germinação, infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. **Exérientiae**, n.18, v.1, p.239-266, 1974.
- MORAES, S. A.; SUGIMORI, M. H.; RIBEIRO, I. J. A.; ORTOLANI, A. A.; PEDRO JUNIOR, M. J. Período de incubação de *Hemileia vastatrix* Berk. Et Br. em três regiões do Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica** 2:32-38.
- MORAES, W. B.; CAMARA, G. R.; BELAN, L. L.; BELAN, L. L.; SILVA, S. A.; JESUS JUNIOR, W. C. Epidemiologia e manejo da ferrugem em cafeeiro Conilon. In: PARTELLI, F. L.; MORAES, W. B. (org.). **Café conilon: qualidade e sucessão familiar**. v.1, n.1, p.55-71, 2018.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ - OIC. **Relatório sobre o mercado de café**: maio 2016. [S. l.]: OIC, 2016. 5p. Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/cy2015-16/cm-0516-p.pdf>>. Acesso em: 25 dez. 2016.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ - OIC. **Relatório sobre o mercado de café**: março 2018. São Paulo: OIC, 2018. 6p. Disponível em: <http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/relatorio_oic_marco_2018.pdf>. Acesso em 20 maio 2018.
- POLTRONIERI, T. P. S.; AZEVEDO, L. A. S.; SILVA, D. E. M. Efeito da temperatura no crescimento micelial, produção e germinação de conídios de *Colletotrichum gloeosporioides*, isolados de frutos de palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart). **Summa Phytopathologica**, v.39, n.4, p.281-285, 2013.
- RURAL CENTRO. SEAGRI intensifica investimentos para o café de Rondônia. 2010. Disponível em: <<http://www.ruralcentro.com.br/noticias/seagri-intensifica-investimentos-para-o-cafe-de-rondonia-26054>>. Acesso em 27 ago. 2018.
- SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; CARVALHO, V. L.; SALGADO, M.; VENTURIN, N. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevílea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.3, p.1067-1074, 2007.
- SENTELHAS, P. C.; MARTA, A. D.; ORLANDINI, S.; SANTOS, E. A.; GILLESPIE, T. J.; GLEASON, M. L. Suitability of relative humidity as an estimator of leaf wetness duration. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.148, n.3, p.392-400, 2008.
- U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Supply and Distribution Online. United States Department of Agriculture 2017. Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>. Acesso em 27 ago. 2018.
- VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. Natureza das epidemias. In: VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. (ed.). *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Perfil, p.21-46, 2004.
- VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, L. C.; LIBERATO, J. R.; DIAS, A. P. S. Influência do clima no desenvolvimento de doenças. In: VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.J.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Editora Perfil, p.49-87, 2004.

Efeito do Ambiente na Ocorrência da Ferrugem do Cafeeiro Conilon

- VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. 2000. Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa Café – Minasplan, 2000b.
- VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. V. Efeito da temperatura no período latente de *Hemileia vastatrix* BERK & BR., agente causal da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. 2000. Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa Café – Minasplan, 2000.
- VENTURA, J. A.; COSTA, H.; LIMA, I. M. **Manejo das doenças do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (Ed.).** Café conilon. Vitória: Incaper, p.435-479, 2017.
- WARD, H. M. Research on the life history of *Hemileia vastatrix*, the fungus of the coffee leaf disease. **Journal of the Linnean Society - Botany**, London, v.12, p.299-335, 1882.
- ZAMBOLIM, L. Manejo de doenças. In: FONSECA, A. F. A.; SAKIYMA, N. S.; BOREN, A.(ed.).Café Conilon: **do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV. p.114-137, 2015.**
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). Manual de fitopatologia. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, n.1, e.4, v.2, p.163-180, 2005.
- ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; JESUS JUNIOR, W. C. Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEZZOPANE, J. R. M. (Ed.). Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura. Alegre: UFES, p.169-190, 2008.

CAPÍTULO 2

PRÓ-RESINA:

PROGRAMA DE EXPANSÃO DO PLANTIO DE PINUS PARA PRODUÇÃO DE GOMA-RESINA E MADEIRA NO ESPÍRITO SANTO

Tiago de Oliveira Godinho

Dário Antônio Fioresi Moreira

Sarah Ola Moreira

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

1. INTRODUÇÃO

A indústria brasileira de árvores plantadas, apesar dos cenários macroeconômicos adversos, segue dando firmes demonstrações de sua resiliência. Com uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, o setor brasileiro de florestas plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais, 6,2% do PIB industrial no país e, também, é um dos segmentos com maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde. Líder mundial em produtividade de madeira, o setor florestal brasileiro tem como desafio intensificar a sua produção para atender à crescente demanda por fibras, madeira, energia e tantas novas aplicações ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento, sempre comprometido com o manejo sustentável das florestas, que exercem papel relevante na proteção e conservação dos ecossistemas (IBÁ, 2017).

A indústria brasileira de árvores plantadas é, atualmente, uma referência mundial por sua atuação pautada pela sustentabilidade, competitividade e inovação. Destinadas à produção de celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal e biomassa, as árvores plantadas são fonte de centenas de produtos, coprodutos e subprodutos presentes em nossas casas e atividades cotidianas. Além disso, exercem papel fundamental na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e proveem diversos serviços ambientais, como a regulação dos ciclos hidrológicos, o controle da erosão e da qualidade do solo, a conservação da biodiversidade e a provisão de oxigênio para o planeta. A expectativa é que a utilização das tecnologias mais avançadas de produção permita aproveitar, no futuro, 100% da floresta, possibilitando novos usos, como a lignina, o etanol de segunda geração, novos bioplásticos, nanofibras e óleos. Assim, as árvores serão também provedoras de matéria-prima para outros segmentos produtivos, entre eles, as indústrias automobilística, farmacêutica, química, cosmética, aeronáutica, têxtil e alimentícia. (IBÁ, 2017).

De acordo com o Atlas da Mata Atlântica do Estado do Espírito Santo a área total com cultivos de pinus no estado era de 2.597 hectares. Os cálculos da área apresentada no Atlas referem-se aos resultados obtidos no mapeamento feito a partir de imagens obtidas entre 2012 e 2015 (ESPÍRITO SANTO, 2018). No Brasil, em 2016, eram cultivados com pinus mais de 1,5 milhões de hectares (IBÁ, 2017).

As espécies do gênero *Pinus* vêm sendo plantadas em escala comercial no Brasil há vários anos, tornando-se economicamente viável devido a sua grande capacidade em crescer e produzir madeira nos mais variados tipos de ambiente, bem como a multiplicidade de usos de sua madeira, possibilitando a geração desse recurso natural em todo o território nacional, em substituição às madeiras de espécies nativas. Em 2016, o Brasil liderou o ranking global de produtividade florestal, com uma média de 35,7 m³/ha ao ano para os plantios de eucalipto e 30,5 m³/ha ao ano nos plantios de pinus, de acordo com as informações reportadas pelas principais empresas do setor (IBÁ, 2017).

Há alguns anos, a cadeia produtiva da silvicultura capixaba compreendia basicamente quatro principais grupos de produtos: a madeira em tora, a lenha, o carvão vegetal e a borracha (ESPÍRITO SANTO, 2016a). Entretanto, essa cadeia está se diversificando cada vez mais e hoje já podemos citar a produção de goma-resina que é extraída do pinus, o palmito e o aumento na produção e comercialização de frutas nativas da Floresta Atlântica, como, por exemplo, o fruto da palmeira juçara para a produção de polpa (GALEANO et al., 2018).

Segundo Galeano et al. (2018), uma atividade do setor florestal do ES que vem crescendo é o cultivo de pinus para a extração de goma-resina, sendo que ao final do processo de extração, a madeira é utilizada pelo setor madeireiro para diversos fins. A atividade se iniciou no estado no ano de 2011, no município de Conceição do Castelo e hoje já está presente em vários municípios da região Serrana, se expandindo para o a região do Caparaó. Em 2016, o Governo Estadual lançou o Programa Pró-Resina e, desde então, ações de publicidade, assistência técnica e pesquisa foram intensificadas, fazendo com que a safra passasse de 1.387 toneladas de goma-resina na safra 2015/2016 para uma previsão de 2.233 toneladas na safra de 2017/2018, podendo gerar uma renda de mais de R\$ 6 milhões aos produtores rurais (Tabela 1).

Tabela 01. Produção e receitas geradas com a goma-resina de *Pinus elliottii* no estado do Espírito Santo.

Produto	Safra (toneladas)			Valor total (R\$)**		
	2015/2016 ¹	2016/2017	2017/2018	2015/2016	2016/2016	2017/2018
Goma resina	1.387	2.040	2.233 ²	3.812.322,07	4.952.305,70	6.472.046,00 ³

¹As safras de coleta se iniciam em outubro e terminam em setembro do ano seguinte; ²Previsão de safra de acordo com informações do Grupo Resinas Brasil; ³Baseado no preço médio da goma resina de outubro de 2017 a agosto de 2018. Fonte: Aresb (2018) e contato pessoal com o Grupo Resinas Brasil.

Estes reflorestamentos trazem benefícios sociais e econômicos à sociedade, que necessita da madeira e resina. Protege também as matas nativas, uma vez que o homem ao usar a madeira de plantações, deixa de agredir as matas naturais para colher a madeira que necessita. A maioria das florestas de pinus são plantadas em áreas anteriormente degradadas pela agricultura, ajudando inclusive na sua regeneração, por obedecer a aptidão agrícola do solo e por promover a sua cobertura, evitando a erosão e aumentando a capacidade de retenção de água. Assim, a atividade de reflorestamento de pinus é considerada de baixo impacto ambiental por ser uma cultura de longo prazo e de pouca utilização de insumos químicos (VASQUES et al., 2007). Além disso, Neves et al. (2001) e Vasques et al. (2007) também afirmam que as plantações de pinus contribuem para o sequestro de carbono da atmosfera, e que os pinus se adaptam

Programa de Expansão do Plantio de Pinus Para Produção de Goma-Resina e Madeira no Espírito Santo

muito bem a áreas degradadas, contribuindo para o enriquecimento em matéria orgânica destes solos e ajudando em sua recuperação a longo prazo.

O Pró-Resina é o programa que visa a expansão dos plantios de pinus para a produção de goma-resina e madeira no Espírito Santo. Tem como objetivo implantar oito mil hectares da cultura, principalmente em áreas ociosas, degradadas ou em consórcio com outras culturas e, ou, com animais. Os plantios serão realizados em áreas aptas, de acordo com zoneamento pré-determinado para a espécie *Pinus elliottii* var. *elliottii*, sendo, dentre as espécies e variedades de *Pinus sp.*, a que produz uma maior quantidade e melhor qualidade de goma-resina (Figura2). O objetivo do Programa é implantar oito mil novos hectares, o que irá viabilizar a instalação de uma planta industrial de processamento de goma-resina no ES, produzindo o breu e a terebintina.

A Portaria nº 055-S/2016 da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag) criou o Comitê de Gerenciamento do Pró-Resina, sendo constituído pelas seguintes entidades: I) Seag; II) Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper; III) Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo – Idaf; IV) Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo S/A – Bandes; V) Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Espírito Santo – Senar-ES; e, VI) Resinas Brasil Indústria e Comércio Ltda – Grupo RB. O Comitê de Gerenciamento do Pró-Resina tem como atribuições: I) Definir diretrizes e critérios para seleção de regiões prioritárias, municípios e categorias de produtores a serem atendidos; II) Estabelecer metas anuais a serem alcançadas, em termos de produtores a serem beneficiados, áreas plantadas com florestas econômicas e projetos de pesquisa e de experimentação a serem desenvolvidos; III) Articular com empresas privadas e organizações não governamentais que possuam projetos afins com as ações previstas no Acordo de Cooperação, no sentido de obter a necessária convergência dessas instituições nas regiões beneficiadas; e, IV) Incentivar a realização de estudos estratégicos na área de silvicultura com pinus (ESPÍRITO SANTO, 2016b).

2. ESPÉCIES DE PINUS PARA PRODUÇÃO DE GOMA-RESINA E MADEIRA

As espécies de *Pinus sp.* têm muitas vantagens econômicas, se sobressaindo em relação às espécies nativas pelo rápido crescimento e alta tolerância ao frio e a solos de baixa fertilidade ou degradados. Logo, os planos de fomento florestal para a cultura são bastante compreensíveis haja vista todas as suas qualidades (FOELKEL; FOELKEL, 2008). Embora algumas espécies do gênero *Pinus* sejam consideradas, por alguns autores, como exóticas invasoras, elas contribuem ambiental, social e economicamente para o desenvolvimento, por exemplo, da região Sul do Brasil, dadas as características do processo de cultivo e manejo, o qual é sustentável e enquadra-se nas prerrogativas da coalisão global para o "Desenvolvimento Sustentável" (VASQUES et al., 2007).

Todas as espécies de *Pinus sp.* são resinosas, em maior ou menor proporção. O *Pinus elliottii* é destinado à produção de madeira serrada e chapas, além da exploração comercial da goma-resina, devido ao seu alto teor na madeira. A goma-resina de *Pinus elliottii* tem grande aceitação no mercado devido ao alto teor de pineno. Entretanto, o *Pinus caribaea* é usado, também, para a exploração de goma-resina,

embora de constituição e propriedades diferentes daquelas de *Pinus elliottii* (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

A goma-resina, óleo resina ou simplesmente resina é considerada uma substância transparente e pegajosa, que não é seiva; é um óleo porque não se dissolve em água, mas é solúvel em álcool, em óleos essenciais e em óleos gordos. É um produto de sustentação e de proteção da árvore, que se exterioriza devido a retirada da casca. Por destilação simples da goma-resina, obtém-se o breu e a terebintina. O breu representa a parte sólida da goma-resina, sendo um dos produtos naturais mais importantes da indústria química. É utilizado para a produção de tintas, tintas de impressão, vernizes, cola para papel, sabão resinoso, perfumaria e outros produtos. A terebintina representa a parte líquida da goma-resina, utilizada na produção de tintas, solventes, perfumaria e outros produtos (LIMA, 2013).

Além da definição de qual espécie utilizar, é fundamental optar por materiais genéticos mais produtivos e com melhor qualidade e produtividade de goma-resina e madeira, o que permitirá maior sucesso do empreendimento. No Pró-Resina são utilizadas mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* oriundas de sementes de um Pomar de Sementes Clonal (PSC) do Grupo Resinas Brasil, que está situado em Guareí, SP (Resiflor Agro-florestal Ltda.). Esse PSC é formado por 56 matrizes selecionadas de povoamentos comerciais com características superiores de produção de goma-resina e forma do fuste (Cultivar: RNC 05438, PSC-F1, Renasem: SP-03622/2012). A resinagem em progênies do PSC tem sido testada, atingindo uma produção de, aproximadamente, 6 kg de goma-resina por face por ano e um incremento médio anual de 35 m³/há ao ano de madeira. Na Figura 1 é possível observar o desenvolvimento inicial de um plantio no Espírito Santo com as mudas oriundas do PSC do Grupo Resinas Brasil.





Figura 1. Plantio de *Pinus Elliottii* var. *elliottii* no plantio (A); com 6 (B), 12 (C) e 18 (D) meses de idade, respectivamente, em Marechal Floriano, ES. As fotos são de um cultivo fomentado pelo Programa Pró-Resina.

3. ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DE PINUS NO ESPÍRITO SANTO

A produtividade dos povoamentos florestais é uma consequência direta das condições ecológicas do local de cultivo, do potencial das espécies de utilizar os recursos naturais disponíveis para o seu crescimento e vulnerabilidade aos agentes bióticos e abióticos da região onde serão plantadas. Portanto, na ausência de experiência prévia, a primeira aproximação para identificar as espécies exóticas de maior potencial para cultivos comerciais pode ser obtida por meio de analogias ecológicas (edafoclimáticas) entre os locais onde se pretende plantar com os de origem dessas espécies. Essa metodologia aumenta a probabilidade de escolha de espécies com maior potencial de adaptação na região (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

Tradicionalmente, o produtor cultiva árvores em solos que normalmente não são utilizados para a agricultura por serem menos férteis e, ou, com relevo inapropriado ao cultivo agrícola. Esta prática é perfeitamente aceitável, desde que o objetivo do cultivo tenha apenas o cunho ambiental. Cultivos de árvores com a finalidade econômica devem ser realizados em solos que contenham condições mínimas adequadas para que as árvores tenham um desenvolvimento adequado à finalidade que se destinam (BELLOTE; NEVES, 2001), entretanto esses cultivos também podem contemplar ganhos sociais e ambientais.

Para cada espécie, existe uma faixa de temperatura ótima, mínima e a máxima que podem limitar o seu crescimento. A umidade do solo, também é um atributo importante, pois tem correlação alta e positiva com a produção de goma-resina. Para se ter uma ideia da quantidade de água necessária para o crescimento satisfatório das espécies florestais, a primeira indicação para definição dos locais de plantio é avaliar a precipitação e o tipo de solo predominante no seu local de origem. A disponibilidade de água para as plantas no solo é assegurada não só pela entrada em forma de chuva e gotejamento da neblina condensada nas folhagens, mas, também pela capacidade de retenção de água no solo. Solos porosos ou de granulação grossa têm menos capacidade de retenção de água do que os siltosos e os argilosos (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

No Espírito Santo, as espécies de *Pinus sp.* que mais se adaptaram às condições climáticas foram o *Pinus elliottii* var. *elliottii*, o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, o *Pinus taeda* e o *Pinus oocarpa*, porém muitas delas não alcançam sua produtividade potencial em determinados locais, devido à influência de fatores térmicos e hídricos que limitam o seu desenvolvimento. Mediante tal fato, é de suma importância a escolha de áreas adequadas para a implantação de cada uma das espécies, de acordo com suas exigências climáticas (CASTRO et al., 2010).

De acordo com Castro et al., (2010), o *Pinus elliottii* var. *elliottii* é a espécie mais indicada para implantação nas regiões do Espírito Santo com altitudes superiores a 500 metros em relação ao nível do mar, onde as temperaturas são mais amenas. As áreas com aptidão para o plantio dessa espécie abrangem grande parte do sul e serrana do estado, principalmente aquelas áreas mais elevadas, onde a temperatura do ar é mais baixa e a deficiência hídrica é pequena. Os municípios que possuem a maior parte do seu território apta para o plantio do *Pinu elliottii* var. *elliottii* são: Conceição do Castelo, Brejetuba, Castelo, Domingos Martins, Muniz Freire, Santa Maria do Jetibá, Marechal Floriano, Alfredo Chaves, Vargem Alta, Ibitirama, Irupi, Divino São Lourenço, Dolores de Rio Preto, Guaçuí, Ibatiba, Iúna, Alegre e Iconha.

O zoneamento agroclimático realizado por Castro et al. (2010) consistiu essencialmente na delimitação das áreas com aptidão para o cultivo do *Pinus elliotti* var. *elliotti*, no qual foram estabelecidas as condições hídrico-termal ideais para o seu desenvolvimento e consequente produtividade. Portanto, as regiões consideradas aptas ou inaptas foram classificadas de acordo com a Tabela 2. De acordo com essas variáveis, o mapa gerado por Castro et al. (2010) define as áreas com potenciais econômicos para a introdução da variedade em uma determinada região geográfica do Espírito Santo, servindo como base para pequenos, médios e grandes produtores que queiram investir na cultura do pinus, podendo aumentar assim a eficiência e os lucros dessa atividade (Figura 2). Assim, a área apta ao cultivo do *Pinus elliottii* var. *elliottii* no estado do Espírito Santo é de aproximadamente 840.551 hectares, perfazendo 18,2% da área total do estado.

Tabela 2. Faixa de aptidão de temperatura do ar e hídrica para o *Pinus elliottii* var. *elliottii*.

Regiões aptas	Regiões inaptas	Regiões aptas	Regiões inaptas
Temperatura média anual do ar (Ta)		Deficiência hídrica anual	
$15 \leq Ta \leq 24 \text{ }^\circ\text{C}$	$15 > Ta > 24 \text{ }^\circ\text{C}$	$\leq 50 \text{ mm}$	$> 50 \text{ mm}$

Fonte: Castro et al., 2010.

Programa de Expansão do Plantio de Pinus Para Produção de Goma-Resina e Madeira no Espírito Santo

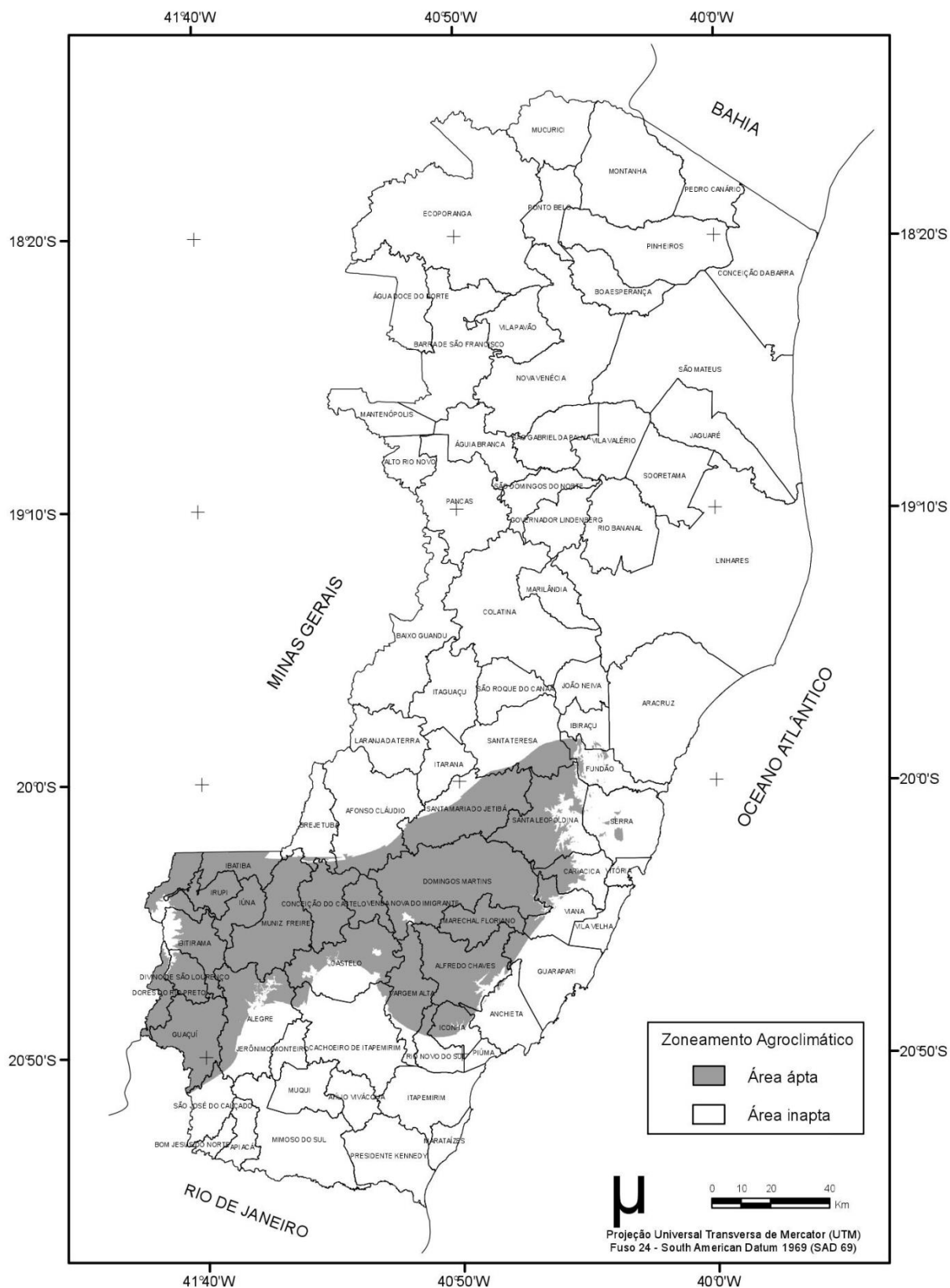


Figura 2. Zoneamento agroclimático para a espécie de *Pinus elliottii* var. *elliottii* no estado do Espírito Santo. Fonte: Castro et al., 2010.

4. ESCOLHA E PREPARO DO TERRENO PARA O PLANTIO

No conhecimento popular, existe uma tendência de se considerar que os pinus são espécies rústicas que crescem em qualquer lugar onde sejam cultivadas, mesmo em solos rasos. Até certo ponto, isto é verdade, dentro das limitações próprias de cada espécie. Entretanto, é preciso enfatizar que, ao estabelecer cultivos em escala comercial, busca-se a maior rentabilidade possível. Nesse aspecto é que surgem as diferenças, pois não basta que as árvores sobrevivam e se estabeleçam. Para produzir o maior volume de madeira e goma-resina por área plantada, num determinado período de tempo, a profundidade do solo é fundamental. Em solos com menos de um metro de profundidade, normalmente, há perda no crescimento em altura e, conseqüentemente, no volume de madeira produzida, prejudicando a rentabilidade do empreendimento (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

Entre os fatores do ambiente que podem condicionar o crescimento das plantas, o solo é um dos mais influentes, tanto pelas suas propriedades químicas quanto físico-hídricas e biológicas. É, também, entre os fatores naturais que afetam a produtividade das plantas, o mais facilmente modificável pelo manejo. Isto o torna extremamente vulnerável às mudanças nos seus atributos, levando à sua degradação, que pode dificultar o crescimento das plantas ou mesmo a recuperação dos seus atributos (DEDECEK, 2008). Uma particularidade do *Pinus elliotti* é a tolerância aos solos úmidos, podendo ser plantado em áreas que tenham o lençol freático próximo à superfície (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

As raízes da maioria das espécies de *Pinus sp.*, dentre eles o *Pinus elliottii*, que tiveram maiores êxitos no Brasil se associam mutualisticamente com fungos ecto-micorrízicos. Esta associação gera benefícios aos pinus, tornando-os mais resistentes a secas, pelo fato do fungo aumentar a superfície de absorção radicular. As micorrizas também favorecem a absorção de nutrientes destas plantas, conseguindo captar para a planta o que ela não teria condições de fazer sozinha, favorecendo assim o seu crescimento e, conseqüentemente, a produtividade de goma-resina e madeira. As micorrizas favorecem ainda, a resistência da planta à toxidez de alumínio e a solos ácidos, além de diminuir a incidência de certas doenças fúngicas. Esta última vantagem ajuda o pinus, principalmente na fase de muda, em que a planta é mais sensível às condições ambientais. Assim, a associação entre o pinus e os fungos micorrízicos gera aumento de crescimento e sobrevivência de mudas inclusive em terrenos erodidos e degradados (BELLEI; CARVALHO, 1992; SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Portanto, a utilização do *Pinus elliottii* para a recuperação de áreas degradadas no estado e em consórcios com outras culturas e, ou, com animais é extremamente viável, pois ele pode promover uma melhoria na fertilidade do solo e na ciclagem de nutrientes. De acordo com o estudo realizado pela Cedagro (2012), a área total degradada no estado do Espírito Santo é superior a 393 mil ha, sendo que na área de abrangência do Programa Pró-Resina há mais de 40 mil ha na região Caparaó e quase 70 mil ha na região serrana, perfazendo um total de 110 mil hectares improdutivos que estão aptos para a implantação da cultura.

O êxito no estabelecimento de florestas plantadas depende da qualidade das operações efetuadas nas várias etapas, especialmente no preparo do solo para o cultivo. Nessa fase, as atividades têm como objetivo tornar o ambiente favorável à sobrevivência e ao crescimento das mudas plantadas (DEDECEK, 2008). Entretanto, o preparo da área para o cultivo deve ser o melhor possível, considerando os

conhecimentos atuais e adequado às possíveis limitações da área a ser plantada. Isso porque essa operação é cara e em casos de solos em condições de relevo desfavorável, pode provocar erosão (FERREIRA; SILVA, 2008). Normalmente, isso inclui a recuperação da estrutura de solos compactados pelo tráfego de máquinas pesada e uso frequente de implementos agrícolas (DEDECEK, 2008).

Mesmo quando as áreas não foram anteriormente ocupadas com culturas florestais, o preparo do solo para esta finalidade precisa ser feito de acordo com o histórico de seu uso e com suas características físicas. Em áreas utilizadas intensivamente para cultivos agrícolas, a possibilidade de formação de uma camada compactada no solo é muito grande. Portanto, antes de efetuar o cultivo de espécies florestais em áreas anteriormente ocupadas com cultivos agrícolas, recomenda-se que sejam avaliadas a intensidade e a profundidade da compactação, caso ela exista, para que se possa indicar o tipo de implemento a ser usado no preparo para o cultivo (DEDECEK, 2008). Entretanto, como os cultivos nas regiões serrana e Caparaó do Espírito Santo serão realizados principalmente em áreas com relevo inclinado (encostas), recomenda-se o coveamento manual (covas de 40 x 40 x 40 cm) ou semi-mecanizado, com a utilização do motocoveador com broca para plantio. Além disso, as linhas de plantio devem ser dispostas em curvas de nível. A adoção desse manejo visa evitar a erosão hídrica do solo, que pode acarretar na diminuição da produtividade do sítio.

Outra opção de preparo do solo é o mecanizado, utilizando o implemento subsolador/sulcador acoplado a uma escavadeira hidráulica sobre esteira. Essa tecnologia permite a descompactação do solo em até 90 cm de profundidade garantindo uma melhor infiltração das águas de chuvas, promovendo efeito imediato contra os processos erosivos do solo, por estarem dispostos também, em curvas de nível. Essa técnica reduz o esforço físico dos trabalhadores quando comparados aos métodos manuais ou semi-mecanizados, além de melhorar o processo operacional como um todo. Contudo, essa metodologia é limitada, principalmente, quando em declividade acentuado do terreno, onde por motivos de segurança, a máquina não pode operar.

Na ocasião do plantio, recomenda-se a aplicação do hidrogel hidratado misturado na cova (Figura 3). O hidrogel é um polímero superabsorvente especialmente desenvolvido para a agricultura, que auxilia na otimização do uso da água, conseqüentemente, preservação deste recurso natural. Quando seco o produto tem o aspecto granulado e de cor branca, já hidratado assume a forma de gel transparente. O hidrogel retém grande quantidade de água em sua estrutura, funcionando como um reservatório próximo as raízes que armazena água e o que nela estiver dissolvido (como defensivos e fertilizantes), disponibilizando facilmente esta solução para as plantas à medida que necessitam. Como todo reservatório, se esvaziado precisa ser enchido novamente e isso ocorre com as chuvas ou com a irrigação (HYDROPLAN, 2018).



Figura 3. Aplicação do hidrogel na cova de plantio.

De acordo com a Hydroplan (2018), as vantagens na utilização do polímero hidrorretentor são muitas, podendo-se destacar: redução da frequência e, ou, do volume de água usado na irrigação; aumento da taxa de “pegamento” das mudas no campo; diminuição das perdas de água e nutrientes; redução da evaporação de água no solo; melhora as propriedades físicas dos solos e substratos, deixando-os mais porosos; favorece o crescimento das plantas; e, diminui a possibilidade de atingir o ponto de murcha permanente e a planta morrer.

O hidrogel é fornecido em diferentes tamanhos de partículas. A recomendação do produto ideal e das dosagens mais adequadas dependerá do tipo do solo, cultura, clima, planta, estágio de desenvolvimento da planta, qualidade da água, sistema de aplicação e diagnóstico do local da aplicação (HYDROPAN, 2018).

5. FERTILIZAÇÃO

A necessidade de fertilização decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento. Isso se deve aos solos usados para os cultivos florestais serem muito intemperizados e lixiviados e, pelo contínuo processo de exportação de nutrientes devido às diversas rotações de exploração de culturas agrícolas ou florestais (por exemplo, madeira e goma-resina para o pinus). As características e quantidade de adubos a aplicar dependem das necessidades nutricionais da espécie, da fertilidade do solo, da reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica (GONÇALVES, 2005).

De acordo com Ferreira et al. (2008), a rapidez de crescimento e a ausência de sintomas de deficiências, particularmente nas primeiras rotações, condicionaram a ideia de que as plantações de pinus dispensariam a prática da fertilização mineral e, ou, orgânica. Entretanto, diversos autores estudaram os fatores de solo, suas relações com o estado nutricional e a produtividade dessas espécies, demonstrando

estreita interdependência entre essas variáveis. Vale ressaltar que com a constante exploração da goma-resina e ao final do ciclo com a colheita da madeira, grandes quantidades de nutrientes são exportadas do sítio. Portanto, esses nutrientes exportados devem ser repostos para que não ocorra o exaurimento do sítio.

As espécies de *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* plantadas no Brasil são adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo. Essas espécies são pouco sensíveis à acidez do solo e toleram altos níveis de Al e Mn. De modo que se utiliza o calcário dolomítico, preferencialmente, para suplementar o solo com quantidades adicionais de Ca e Mg. O calcário poderá ser distribuído a lanço em área total ou aplicado em faixas entre 1,0 e 1,5 m de largura sobre as linhas de plantio. Não é necessária sua incorporação, tão pouco a utilização de calcário com alto Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT). Aconselha-se realizar a aplicação do calcário, aproximadamente, 45 dias antes do plantio. Em áreas de implantação de pinus, que retiram quantidades bem menores de Ca do solo, uma alternativa para repor as quantidades de Ca e Mg exportadas é o uso de fertilizantes que contenham esses nutrientes em sua composição (GONÇALVES, 2005).

No estado do Espírito Santo, o método utilizado para determinar a quantidade de calcário a ser aplicada é o da elevação da saturação em bases (V), utilizando-se a fórmula (PREZOTTI et al., 2007):

$$NC = \frac{T (V_2 - V_1) \times 0,5}{PRNT}$$

Onde: NC: quantidade de calcário, em t/ha; T = CTC a pH 7, em cmol_c/dm³; V₂ = saturação de bases para o pinus (40%); e, V₁ = saturação em bases atual do solo, em %. OBS: o fator de correção de 0,5 é utilizado para aplicação superficial do calcário.

Observa-se na Tabela 3 as quantidades totais de N, K₂O e P₂O₅ recomendadas para o estabelecimento de florestamentos de pinus. Para evitar a perda de nutrientes por volatilização, lixiviação, imobilização e erosão recomenda-se que a adubação seja feita de forma parcelada, em consonância com o crescimento arbóreo, parte por ocasião do plantio e o restante em cobertura.

Tabela 3. Recomendações de adubação nitrogenada, potássica e fosfatada para florestamentos com espécies de *Pinus*.

Matéria orgânica (%) no solo¹			
< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0	
Dose de N (kg/ha)			
30	20	0	
Nível de potássio (mg/dm³) no solo²			
< 60	60 – 150	> 150	
Dose de K ₂ O (kg/ha)			
40	20	0	
Nível de fósforo (mg/dm³) no solo²			
Textura ³	< 5	5 – 10	> 10
Argilosa	< 10	10 – 20	> 20
Média	< 20	20 – 30	> 30
Arenosa	Dose de P ₂ O ₅ (kg/ha)		
	40	0	0

¹Teor da análise de solo determinada pelo método colorimétrico. ²Teor da análise de solo determinada pelo método Mehlich-1. ³Estimativa da textura do solo em função do fósforo remanescente, P-rem (mg/L): 0 – 10 = argilosa, 10 – 40 = média e 40 – 60 = arenosa. Fonte: Adaptada de Prezotti et al. (2007).

Para a adubação de plantio, também chamada de adubação de base, é recomendado utilizar entre 20 e 40% das doses de N e K₂O e 100% da dose de P₂O₅. Os micronutrientes também podem ser aplicados nessa adubação, aplicando-se 10 g de FTE ("Fritas") por planta. A adubação de plantio terá como finalidade principal promover o arranque inicial de crescimento das mudas, basicamente nos primeiros seis meses pós-plantio, suplementando o solo com montantes adicionais de nutrientes que irão atender a demanda nutricional das mudas. O método mais indicado para a aplicação localizada das fontes de P é em filetes contínuos no interior dos sulcos de plantio ou em covetas laterais, evitando-se a interação com a fase mineral do solo. As fontes de N e K₂O podem ser aplicadas juntamente com o P₂O₅ ou incorporadas à terra que irá preencher as covas de plantio (GONÇALVES, 2005).

Na adubação de cobertura, têm sido recomendado aplicar de 60 a 80% das doses de N e K₂O, variando de acordo com a dose desses nutrientes aplicados no plantio. Essas doses têm sido parceladas, geralmente entre duas e quatro aplicações, dependendo da disponibilidade de recursos e das concepções e diretrizes técnicas adotadas para a realização das fertilizações. Para definir as épocas de aplicação dos fertilizantes é fundamental considerar as fases de crescimento da floresta. O ideal seria parcelar, equitativamente, as adubações de cobertura, parte sendo aplicada entre 3 a 6 meses pós-plantio, parte entre 6 a 12 meses pós-plantio e o restante entre 12 a 24 meses pós-plantio. A melhor forma de definir as épocas das adubações é por meio do acompanhamento visual ou por medições dendrométricas do crescimento da floresta, o que permite caracterizar o estágio de desenvolvimento. As aplicações dos adubos podem ser feitas em meia-lua ou em filetes contínuos na projeção das copas. Essas aplicações não devem coincidir com os períodos de intensas chuvas e tampouco quando os níveis de umidade do solo estiverem muito baixos (GONÇALVES, 2005).

6. CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS

As formigas do gênero *Atta*, comumente denominadas de saúvas, e as do gênero *Acromyrmex*, conhecidas como quenquéns, constituem o complexo denominado de formigas cortadeiras, um dos principais problemas do empreendimento florestal no Brasil. A identificação das formigas é baseada na forma das operárias. As operárias da saúva variam de tamanho, de 12 mm a 15 mm de comprimento, têm três pares de espinhos dorsais e seus ninhos podem atingir profundidades de mais de 5 m, sendo caracterizados, externamente, pelo monte de terra solta; as operárias da quenquém têm 8 mm a 10 mm de comprimento e cinco pares de espinhos no tórax. Seus ninhos, geralmente, não têm terra solta aparente (REIS FILHO, 2008).

Devido à sua alta capacidade de proliferação e voracidade, podem causar sérios prejuízos na implantação da floresta. Elas atacam quase todas as espécies de plantas cultivadas, podendo causar desfolha total e até a morte das plantas, tanto de mudas quanto de árvores adultas. Os maiores prejuízos

são causados nos dois primeiros anos após o plantio (REIS FILHO, 2008). Na Figura 4 é possível observar o ataque de formigas cortadeiras em plantios de pinus com um ano de idade.



Figura 4. Ataque de formigas cortadeiras em plantios de pinus com um ano de idade na cidade de Marechal Floriano, ES. As fotos são de um cultivo fomentado pelo Programa Pró-Resina.

O combate às formigas deve ser iniciado antes do plantio e com boa antecedência (geralmente de um), preferencialmente antes do preparo do solo, evitando-se assim que os formigueiros se espalhem na área. O revolvimento do solo, no caso de quenquéns, dificulta a localização dos ninhos, pois as colônias, por alguns dias, estarão ocupadas na reforma dos ninhos, sem terem atividade externa. Após o plantio, o controle deve ser feito só quando for realmente necessário (REIS FILHO, 2008). Os tipos de combate mais comuns são o localizado, com aplicação de formicidas diretamente sobre os ninhos, e o sistemático, quando as iscas formicidas são distribuídas de forma sistemática na área, independentemente da localização dos ninhos das formigas cortadeiras (ZANETTI et al., 2003). Além da área de plantio, deve-se realizar o combate às formigas em ao menos 100 m no entorno da área de implantação do povoamento florestal.

O método mais indicado atualmente é o uso de iscas formicida granulada em forma de péletes à base de sulfluramida com atrativos (ZANETTI et al., 2003), que controlam as formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, com baixo custo, alta eficiência e alto rendimento operacional. Deve-se aplicar o produto diretamente da embalagem, sem contato manual. A fim de aumentar a segurança para seres humanos e animais, a aplicação poderá ser feita com o auxílio de porta-iscas apropriados ou cobrir a embalagem com algum tipo de material (telha, por exemplo), de modo a impedir que o produto fique exposto a outros organismos que não sejam as formigas. No caso do produto acondicionado em sachês de 5g, 10g ou 15g (denominados micro dosadores e, ou, dosadores específicos), recomenda-se distribuí-los junto aos olheiros de abastecimento ao lado das trilhas. As formigas cortarão os sachês e carregarão as iscas para dentro do formigueiro (UNIBRÁS, 2018).

O combate às formigas em datas muito próximas do plantio não evita que elas causem danos às mudas. Quando necessário, o controle pode ser executado próximo à data de plantio, mas usando-se outros meios mais difíceis e onerosos como a termonebulização e a fumigação. As formigas devem ser controladas sempre que necessário, sendo fundamental nos dois primeiros anos após o plantio. Entretanto, elas podem ocasionar redução de crescimento e morte de plantas, mesmo após esse período (FERREIRA; SILVA, 2008).

O monitoramento baseado na presença de ninhos ou de plantas cortadas pode determinar a necessidade de controle. A utilização de isca granulada é recomendada na quantidade de 5 a 8 g por ninho de quenquém ou por m² de área contendo terra solta, no caso da saúva. Para se estimar a área ocupada pelo ninho das saúvas, multiplica-se o comprimento da superfície que contém terra solta pela sua largura. A manutenção do controle pode ser realizada com aplicação de 1 kg/ha de isca granulada, embalada em micro-porta-iscas, contendo 5g cada (REIS FILHO, 2008).

7. ESPAÇAMENTO

Em áreas com maiores índices pluviométricos, chuvas mais bem distribuídas no decorrer do ano e solos mais bem estruturados, a densidade de árvores aptas à resinagem pode ser maior. Entretanto, a densidade ideal de árvores por hectare, aptas a serem resinadas fica entre 800 e 900. Com o objetivo de maior incremento em diâmetro em detrimento à altura, o espaçamento recomendado é o de 4 m entre linhas e 2,5 m entre plantas, perfazendo uma densidade inicial de 1.000 plantas por hectare. O maior espaçamento entre as linhas de plantio irá possibilitar o consórcio do pinus com outras culturas e a maior incidência de radiação solar nos painéis, o que acarreta em maior produtividade de goma-resina e na diminuição da oxidação da goma-resina no painel (Figura 5).



Figura 5. Plantio de pinus com um ano de idade no espaçamento de 4 x 2,5 m na cidade de Marechal Floriano, ES. As fotos são de um cultivo fomentado pelo Programa Pró-Resina.

8. SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF's) COM PINUS

Os SAF's consistem em um sistema sustentado no manejo da terra, combinando a produção florestal com culturas agrícolas e, ou, animais, em forma simultânea ou sequencialmente na mesma unidade de terreno, onde se aplicam práticas de manejo compatíveis com as técnicas culturais tradicionais da população rural (KING; CHANDLER, 1978). São classificados em silviagrícolas, quando abrangem o consórcio de espécies arbóreas e culturas agrícolas; silvipastoris, quando o consórcio é entre espécies arbóreas e animais; e agrosilvipastoris que envolvem o consórcio de espécies arbóreas, culturas agrícolas e animais, sendo que o pinus é uma árvore de múltiplo uso, que pode-se adequar e fazer parte dos três tipos de SAF's, entretanto por ser uma espécie pioneira, ela não tolera sombreamento na sua implantação. Silva (2013), considera os sistemas agroflorestais como sistemas completos por produzirem em um único espaço, frutos, vegetais, leguminosas, hortaliças, ervas medicinais, madeiras, resinas, óleos, borrachas, dentre outras mercadorias agrícolas.

Diversos benefícios ambientais, em escala local e global, têm sido atribuídos aos SAF's. Eles podem ser utilizados na recuperação de áreas degradadas e, dentre esses benefícios, destacam-se a conservação do solo e dos recursos hídricos, a promoção do sequestro de carbono e o aumento da biodiversidade. Nesse contexto, Engel (1999) afirma que os SAF's têm se mostrado uma alternativa importante para adequação ambiental de propriedades rurais e para a otimização do uso da terra visando à produção agrícola e de produtos florestais (madeireiros e não madeireiros), se tornando atrativo para os agricultores.

O primeiro modelo proposto é um sistema agroflorestal, podendo sofrer alterações nas espécies, espaçamentos e, ou, densidades de plantios, de acordo com as características edafoclimáticas do local ou

com as demandas do produtor. As espécies arbóreas nativas podem produzir tanto madeira como produtos florestais não madeiráveis. Deve-se realizar a desrama das espécies arbóreas nativas e do pinus até uma altura de seis metros, como o auxílio, por exemplo, de uma motopoda. Algumas espécies arbóreas nativas que podem ser utilizadas, com seus respectivos usos: jequitibá rosa (*Cariniana legalis*): madeira; angico rosa (*Pseudopiptadenia sp*): madeira; peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*): madeira; copaíba (*Copaifera langsdorffii*): madeira e óleo medicinal; jatobá (*Hymenaea coubaril*): madeira e fruto (comestível e para fabricação de cosméticos); araucária (*Araucaria angustifolia*): madeira e fruto comestível; araribá (*Centrolobium tomentosum*): madeira e fruto comestível; ipê tabaco (*Zeyheria tuberculosa*): madeira; e, juçara (*Euterpe edulis*): palmito e frutos (Figura 6).

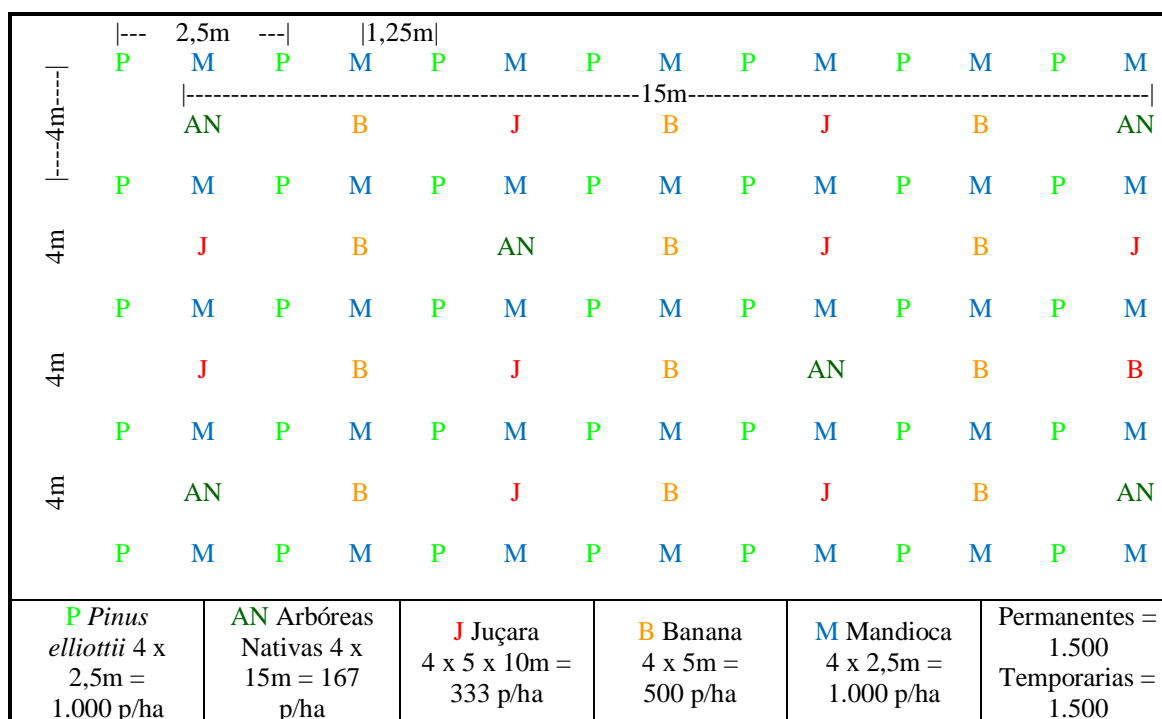
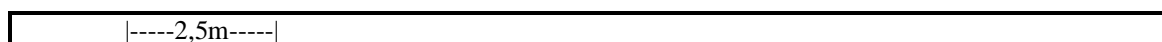


Figura 6. Modelo proposto de um sistema agroflorestal mais biodiverso.

Caso o produtor tenha interesse, ele poderá substituir algumas arbóreas nativas por abacate. Além de ser um fruto de fácil comercialização, ele serve de alimento para a fauna. Ressalta-se a importância que, em locais com relevo montanhoso, deve-se alocar as linhas do pinus, em curvas de nível, como forma de conservação do solo e da água. Entretanto, se o local for de relevo suave, as linhas devem ficar no sentido leste/oeste, para uma melhor entrada de luz no sistema.

O segundo modelo proposto seria menos complexo e pode ser utilizado para áreas abertas. Juntamente com o plantio do pinus, pode-se realizar o cultivo de feijão e, ou, milho, incorporando assim mais matéria orgânica na área. Após um ano de plantio do pinus, pode-se introduzir a pastagem e com o fechamento das copas dos pinus, que deverá ocorrer aos cinco/seis anos de idade, retira-se o gado e implanta-se a juçara no sub-bosque do pinus. A juçara é uma espécie produtora de palmito e frutos que necessita de sombra ao menos nos dois primeiros anos de vida (Figura 7).



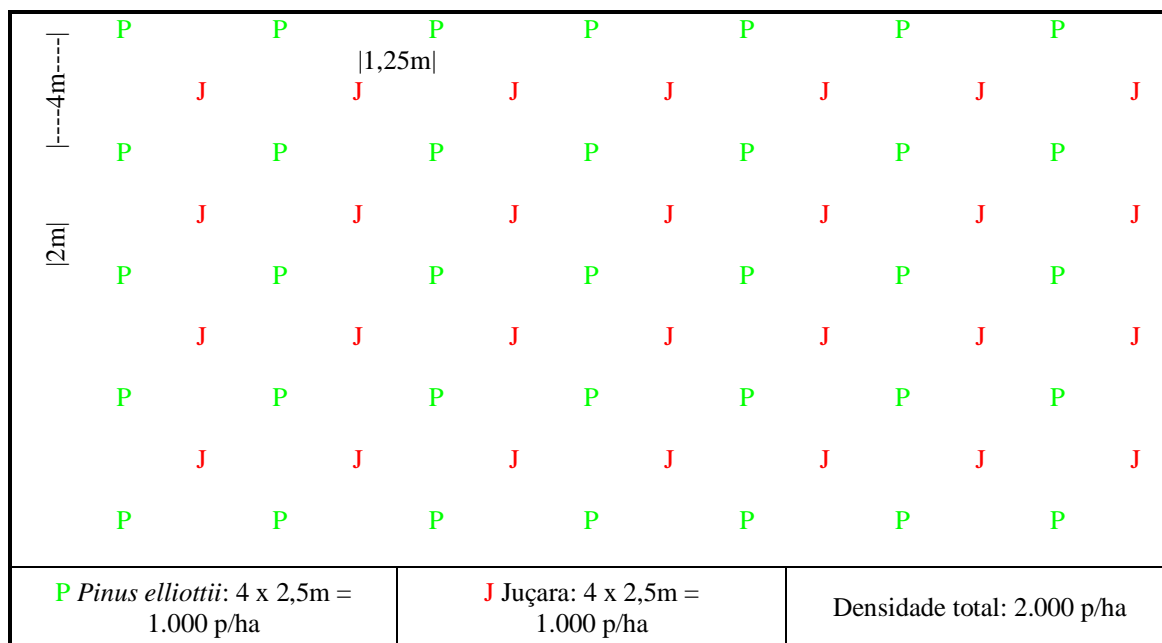


Figura 7. Modelo simplificado proposto de um sistema agroflorestal.

9. O PINUS É CONSIDERADO UMA ESPÉCIE INVASORA?

Plantas invasoras ou invasivas são aquelas consideradas exóticas em uma determinada região e que conseguem se estabelecer, adaptando-se muito bem às condições edafoclimáticas da localidade, inclusive progredindo e superando o desenvolvimento das espécies nativas (DEUBER, 1992). Portanto, cuidados devem ser tomados a fim de manejar estas espécies de plantas que podem prejudicar ecossistemas naturais, o rendimento de plantações agrícolas e as pastagens. A conscientização das pessoas de que o manejo de florestas de pinus não inclui apenas os tratos da cultura em suas áreas plantadas, mas também as medidas de controle e prevenção da disseminação natural para outras localidades é importante. Essas técnicas são de mesma relevância quanto aquelas para obter boas produtividades e qualidades de produtos (FOELKEL; FOELKEL, 2008).

O gênero *Pinus* é classificado como invasor, isso ocorre pela fácil disseminação de suas sementes que, por serem de tamanho diminuto e terem estruturas adaptadas à disseminação anemófila (vento), podem-se dispersar a 100 metros ou mais da planta-mãe. As sementes do pinus também podem ser disseminadas pelo solo, água ou terem animais, especialmente pássaros, como agentes dispersivos. O *Pinus elliottii* cresce bem em pleno sol ou em sombreamento parcial (GILMAN; WATSON, 1994), portanto, áreas preservadas não correm o risco de serem invadidas, por não terem condições ideais para o desenvolvimento do *Pinus elliottii*, como, por exemplo, quantidade insuficiente de luz. O maior potencial invasor se dará em áreas degradadas, que estão com os solos descobertos e mais úmidos. Assim, ressalta-se a importância de se manter as áreas de preservação permanentes e as reservas legais bem preservadas. Segundo Richardson (1998), em estudos de pinus invasores feitos até 1991, 53% de invasão foram detectadas em áreas com predominância herbácea, 8% de invasão em regiões arbustivas e 8% em áreas arbusto-florestais.

As empresas auditoras e certificadoras florestais de plantações de pinus do Brasil e do mundo já possuem normas que visam o manejo das áreas vizinhas evitando possíveis disseminações e contaminações biológicas. Da mesma forma, as técnicas de controle de pinus invasores, se bem empregadas, são de fácil condução, visto que as árvores do gênero não possuem rebrota, sendo facilmente eliminadas (VASQUES et al., 2007).

Em trabalho realizado por Ziller e Galvão (2001), os autores propõem uma série de medidas para prevenir a contaminação de plantas do gênero *Pinus*. Estas são: promover o pastoreio rotativo nas zonas de divisa com os reflorestamento; implantar barreiras físicas (quebra-ventos) ao redor das áreas reflorestadas; estudar as características do local a ser implantado o reflorestamento e, a partir disso, definir o seu formato, sempre levando em consideração os ventos dominantes, relevo e cursos d'água; dar preferência em realizar povoamentos florestais em meia encosta, dificultando a disseminação de sementes no vale; restaurar áreas de mata ciliar com nativas, evitando a disseminação de semente de pinus por córregos e cursos d'água; certificar ambientalmente as plantações, prevenindo e monitorando a disseminação da colonização da planta em outras regiões; evitar o plantio de pinus de forma ornamental e em beira de estradas, diminuindo o foco de dispersão de sementes na região.

O Instituto Hórus também propõe algumas das medidas preventivas citadas acima, destacando que os pinus são de fácil controle mecânico por não rebrotarem após o corte. Essa atividade deve ocorrer de maneira constante e crescente, eliminando primeiramente as plantas de menor tamanho e mais distantes ao foco de disseminação, e posteriormente, os indivíduos adultos. O controle químico deve ser feito com o uso de EPI's e com orientação técnica e pode ser feito com aplicação de glifosato em anelamento em árvores adultas. É importante também o monitoramento posterior da área limpa, buscando eliminar anualmente as novas plantas emergidas do banco de sementes do solo.

Por essas razões, há a necessidade do bom entendimento dessas características e a busca da biodiversidade e proteção dos ecossistemas são vitais. Os impactos associados ao reflorestamento com os pinus são conhecidos e controlados e monitorados. No entanto, os impactos positivos desse tipo de reflorestamento superam seus possíveis problemas. As medidas de manejo e de prevenção da disseminação dos pinus são deveres do governo, das instituições de pesquisa e de educação, dos cultivadores de pinus e indústrias usuárias de suas madeiras e, ou, resinas. Todos devem estar conscientes de seu papel para promover a sustentabilidade em sua região, sem comprometer o meio ambiente (FOELKEL; FOELKEL, 2008).

É importante ressaltar que nenhuma das bibliografias e pesquisas encontradas para a realização deste capítulo afirmam que os pinus não devam mais ser plantados. Por outro lado, muitos afirmam que pelas características invasoras do gênero, ele deve ser restrito quanto ao uso comercial ou para recuperar áreas já muito degradadas. Os reflorestamentos de pinus têm que ser feitos de maneira sustentável, tendo que se adotar cuidados de monitoramento e prevenção de disseminação para áreas naturais ou de agricultura localizadas nas proximidades (FOELKEL; FOELKEL, 2008).

10. LINHAS DE CRÉDITO

Programa de Expansão do Plantio de Pinus Para Produção de Goma-Resina e Madeira no Espírito Santo

O Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (Bandes) possui uma linha de crédito específica para o Programa Pró-resina, que permite o financiamento dos projetos técnicos e georreferenciamento das propriedades rurais, inclusive as despesas relacionadas ao processo de regularização ambiental; realocação de estradas internas das propriedades rurais para adequação ambiental; aquisição de insumos e pagamento de serviços destinados à implantação e à manutenção dos projetos financiados, inclusive sementes e mudas para a formação de pastagens e de florestas; marcação e construção de terraços e implantação de práticas conservacionistas do solo; implantação de viveiros de mudas florestais; e, investimento em florestamento, reflorestamento e destoca. Os possíveis beneficiários dessa linha de financiamento, desde que atendam os pré-requisitos, são produtores rurais de todo o Espírito Santo. O valor financiado é de até R\$ 3 milhões, conforme linha de financiamento, as taxas de Juros variam de 5,5% até 8,5% ao ano, dependendo do enquadramento do produtor na linha de financiamento e o prazo para pagamento é de até 15 anos, incluindo até 8 anos de carência (BANDES, 2018). Entretanto, os produtores rurais e os viveiristas podem acessar outras linhas de financiamento em diferentes bancos.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à grande quantidade de áreas degradadas no estado do Espírito Santo e a elevada variação edafoclimática é possível diversificar o setor florestal ainda mais, produzindo produtos florestais madeireiros e, ou, não madeireiros. Portanto, de acordo, com as características dos plantios de pinus, principalmente em consórcio com outras culturas, eles despontam como uma ótima opção para a recuperação dessas áreas degradadas. As florestas plantadas, se bem manejadas, utilizam a água de forma eficiente, gerando significativos benefícios para a sociedade, por meio de produtos essenciais para o dia a dia; para a comunidade do entorno, gerando emprego e renda; e para o ambiente, por meio do manejo integrado da paisagem e dos plantios. Entretanto, para o sucesso do Programa Pró-resina, deve-se ter conscientização dos diferentes segmentos da sociedade sobre a importância dos plantios consorciados, treinamentos de técnicos e produtores rurais, forte intensificação na busca por novos conhecimentos, visão holística do processo produtivo e gestão integrada dos diferentes usuários dos ecossistemas.

Conforme relatado por Galeano et al. (2018), a silvicultura, assim como outros setores agropecuários tiveram nos últimos anos o problema da escassez de água e os efeitos das mudanças climáticas, assim como, a falta de crédito agrícola. Porém, o Espírito Santo tem vocação para produção florestal e disponibilidade de áreas para expansão, aliados a alta produtividade, devido a fatores edafoclimáticos e programas de melhoramento genético de espécies voltadas para o rápido crescimento. Com a retomada do crédito e das chuvas, é de se esperar que nos próximos anos haja uma expansão e diversificação do setor florestal no estado.

12. REFERÊNCIAS

- ARESB. Associação dos resinadores do Brasil. **Produção Nacional de Goma Resina de Pinus**. Disponível em: <<http://www.aresb.com.br/portal/estatisticas/>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- BANDES. Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo. **Programa Pró-resina/Pinus**. Disponível em: <<https://www.bandes.com.br/Site/Dinamico/Show/776/pinus>>. Acesso em: 27 set. 2018.
- BELLEI, M. M.; CARVALHO, E. M. S. Ectomicorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 297-318.
- BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. 1ª Ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 6p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 54).
- CASTRO, F. da. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Zoneamento agroclimático para espécies do gênero *Pinus* no estado do Espírito Santo. **Revista Floresta** 40: 235-250, 2010.
- CEDAGRO. Centro de Desenvolvimento do Agronegócio. **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo**. 2012. Disponível em: <<http://www.cedagro.org.br/>>Acesso em 10 set. 2018.
- DEDECEK, R. A. Meio Físico para o Crescimento de *Pinus*: Limitações e Manejo. In: SHIMIZU, J.Y. (Ed.). **Pínus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 75-109.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas: Fundamentos**. 1ª Ed., v. 1, Jaboticabal, FUNEP, 1992. 431p.
- ENGEL, V. L. **Introdução aos sistemas agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Atlas da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo: 2007-2008/2012-2015**. Disponível em: <<https://seama.es.gov.br/Media/seama/Principal/Atlas-Mata-Atlantica-ES.pdf>>Acesso em: 17 set. 2018.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Pedeag 3 – 2015-2030: Espírito Santo sustentável**. Vitória: SEAG, 2016a.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. PORTARIA nº 055-S, de 02 de agosto de 2016. Designa membros do Comitê de Gerenciamento do Programa de Expansão do Plantio de *Pinus* para Produção de Goma-resina e Madeira no Espírito Santo – PRORESINA. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Vitória, ES, 03 jun. 2016b, 68p.
- FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; BELLOTE, A. F. J.; ANDRADE, G. de C. Nutrição de *Pinus* no Sul do Brasil. In: FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D. da. (Org.). **Formação de Povoamentos Florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 67-77.

- FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da. Silvicultura do Eucalipto. In: FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D. da. (Org.). **Formação de Povoamentos Florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 51-54.
- FOELKEL, E.; FOELKEL, C. **Pinus Letter** 4, 2008. Disponível em: <http://www.celsofoelkel.com.br/pinus_04.html#top1> Acesso em: 25 set. 2018.
- GALEANO, E. A. V.; SPERANDIO, F. S. de M.; ROCHA, J. F.; FERRÃO, L. M. V.; CAETANO, L. C. S. GODINHO, T. de O. **Síntese da produção agropecuária do Espírito Santo 2016/2017**. Vitória, ES: Incaper, 2018. 88p.
- GILMAN, E. F.; WATSON, D. G. **Pinus elliottii - Slash Pine**. USDA, 1994. 4p. Disponível em: <<http://hort.ufl.edu/trees/PINELLA.pdf>> Acesso em: 25 set. 2018.
- GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies nativas**. Piracicaba: ESALQ, Depto. Ciências Florestais, IPEF, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/adubacao.asp>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- HYDROPLAN. **Linha Plantio**. Disponível em: <<http://www.hydroplan-eb.com/linha-plantio.php>>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2017**. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2017.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- KING, K. F.; CHANDLER, N. T. **The wasted lands: The program of work of the International Council for Research in Agro forestry (ICRAF)**. Nairobi, Kenya, 1978.
- LIMA, O. de S. **Pinus – o produto óleo resina no Brasil**. Disponível em: <<http://www.aresb.com.br/portal/wp-content/uploads/2017/06/PINUS-OPRODUTOOLEORESINANOBASIL.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- NEVES, G. A.; MARTINS, C. A.; MIYASAVA, J.; MOURA, A. F. D. **Análise econômico-financeira da exploração de pinus resinífero em pequenos módulos rurais**. Monografia de Especialização em Agrobusiness, 48p. USP, São Paulo, SP, Brasil. 2001.
- 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/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- REIS FILHO, W. Ocorrência de Formigas Cortadeiras em *Pinus*. In: SHIMIZU, J.Y. (Ed.). **Pínus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 165-171.
- RICHARDSON, D. M. Forestry trees as invasive aliens. **Conservation biology** 12: 18-26, 1998.
- SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de *Pinus* na Silvicultura Brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pínus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-74.
- SILVA, D. P. da. SAF's: sistemas alternativos de produção. **Revista de Extensão e Estudos Rurais** 2: 153-162, 2013.

UNIBRÁS. **Isca formicida Atta MEX-S.** Disponível em:
<<http://www.unibras.com.br/produtos/agricola/attamexs/>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

VASQUES, A. G.; NOGUEIRA, A. S.; KIRCHNER, F. F.; BERGER, R. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. **Revista Floresta** 37, 2007.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J. C.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; MEDEIROS, A. G. B.; SOUZA-SILVA, A. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. **Revista Árvore** 27: 387-392, 2003.

ZILLER, S. R.; GALVÃO, F. A degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. **Revista Floresta** 32, 2002.

CAPÍTULO 3

PRODUTOS ORGÂNICOS: CANAIS DE COMERCIALIZAÇÃO E AGREGAÇÃO DE VALOR

Joab Luhan Ferreira Pedrosa

Vanessa Maria de Sousa Barros

Juliana Elias de Oliveira

1.INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica é definida como a produção de produtos agrícolas, animais e outros, sem o uso de fertilizantes químicos sintéticos e pesticidas, espécies transgênicas ou antibióticos e esteróides que aumentam o crescimento, ou outros produtos químicos (FRANCIS, 2005).

Em muitos países, a agricultura orgânica representa um dos setores de mais rápido crescimento da indústria de alimentos, impulsionada pela crescente demanda dos consumidores por alimentos orgânicos. Os consumidores compram alimentos orgânicos não só por razões de saúde e gosto pessoal, como também pelos direitos dos animais, mas também porque acreditam que a agricultura orgânica é mais sustentável (SEUFERT, 2019). Assim como, por acreditarem que a oferta de alimentos livres de agrotóxicos para a população pode contribuir para a geração de renda para as famílias rurais, fortalecer a agricultura familiar, fornecer alimentos para as pessoas e reduzir os impactos ambientais da agricultura no planeta (POPA et al., 2018).

Mais recentemente, o movimento orgânico tem trabalhado para uma visão orgânica para sistemas alimentares e agrícolas mais justos, mais ambientalmente saudáveis e mais saudáveis até 2030. Esta visão prevê que 50% das terras agrícolas da Europa, por exemplo, sejam geridas de acordo com os princípios biológicos da saúde, ecologia e equidade e cuidados (Barabanova, Zanolli, Schlüter, & Stopes, 2015). No entanto, apesar do crescimento sem precedentes, continua a existir um desequilíbrio significativo entre a oferta atual de produtos orgânicos e a crescente demanda por alimentos orgânicos. (GODFRAY et al., 2010).

Os produtos cultivados organicamente são frequentemente anunciados como tal e a um preço superior ao dos produtos não orgânicos. Para o consumidor, não há como determinar visualmente se o produto foi ou não cultivado organicamente e a que padrões orgânicos. Alguns agricultores orgânicos são muito rigorosos no que diz respeito a testes de sementes, solo, água e pesticidas, e outros controles comumente impostos para certificação orgânica. A agricultura biológica e o uso da terminologia “cultivada organicamente” infelizmente abrem as portas para todos os tipos de práticas fraudulentas. É bem sabido que, devido à diferença de preço de venda entre produto cultivado organicamente e do produto não-

cultivado, alguns empreendedores do mercado de fazendeiros “localmente crescidos” irão assegurar produtos não orgânicos a um preço mais baixo, movê-los para o mercado do fazendeiro e vendê-los a preços orgânicos (SEUFERT et al., 2019).

Nesse contexto, a agricultura orgânica certificada representa atualmente aproximadamente 2% da terra arável em todo o mundo, mas essa média esconde grandes variações entre continentes e países: por exemplo, 0,4% na África, 1% na América do Norte, 5,4% na Europa com um máximo de 25% na Áustria. No último caso, as regiões montanhosas com predominância de pastoreio são mais propícias à prática agrícola. Em contraste, na África Subsaariana, os agricultores que não têm acesso a fertilizantes químicos e pesticidas, sem saber, praticam uma forma de agricultura biológica não certificada (GUÉGUEN; PASCAL, 2016).

A regulamentação dos sistemas orgânicos de produção agrícola no Brasil tem uma historicidade ligada à consolidação da produção, comercialização e certificação de alimentos orgânicos no país, resultante da vontade de agricultores, consumidores, movimentos sociais, Organizações Não-Governamentais, empresas, políticos, etc. Certamente as normas não mostram conflitos entre esses atores individuais e coletivos, mas os debates ocorreram até que a regulamentação possa revelar diferentes intenções desses sujeitos.

Portanto, segundo Padua Gomes et al., (2016), as dificuldades presentes neste setor que afetam seu avanço no país apresentam alguns dos entraves ao crescimento do mercado de produtos orgânicos, entre os quais se destacam: descontinuidade na oferta de produtos demanda superior à oferta, campanhas promocionais insuficientes de esclarecimento aos diferentes segmentos de mercado, elevados custos de conversão e de certificação, estrutura de crédito deficiente, estrutura de apoio governamental insuficiente, falta de tecnologias com enfoque agroecológico apropriadas aos diferentes agroecossistemas brasileiros, ausência de levantamento sistematizado de informações de mercado, entre outros.

2. AGRICULTURA FAMILIAR E PRODUÇÃO ORGÂNICA

Dentro do contexto da agricultura familiar, está se tornando cada vez mais comum essa produção de alimentos orgânicos (Padua Gomes et al., 2016). Haja vista, as dificuldades enfrentadas pelos agricultores familiares frente aos problemas econômicos, sociais e ambientais. Nesse sentido, além da produção de alimentos considerados e já constatados mais saudáveis quando comparados aos alimentos convencionais (Tabela 1), tanto para a saúde humana quanto o ambiente, e que apresentam uma diferenciação ecológica e atendem à demanda de um mercado que visa consumir esse alimento de maior qualidade, muitos agricultores buscam empreender novas práticas orgânicas ou com viés agroecológico, a fim de agregar valor a esses produtos.

Tabela 1. Alimentos orgânicos são constatados mais saudáveis quando comparados aos alimentos convencionais:

Atributo	Em quê?	Resultados obtidos	Referências
----------	---------	--------------------	-------------

Produtos Orgânicos: Canais de Comercialização e Agregação de Valor

avaliado			bibliográficas
Metabólitos secundários	Frutas e legumes	Conteúdo de metabólitos secundários na produção orgânica foi 12% maior do que em amostras convencionais. Altos níveis de atividade microbiana em solos manejados no sistema orgânico possibilitaram o aumento na concentração de metabólitos secundários em cebolas orgânicas	(Brandet <i>et al.</i> , 2011; Maggio <i>et al.</i> , 2013; Reilly <i>et al.</i> , 2013)
Meta-análise com base em 343 artigos	Frutas e legumes	Os produtos orgânicos tinham maior atividade antioxidante, continham concentrações (18-69%) mais altas de uma ampla gama de antioxidantes e metabólitos secundários. Menores concentrações de resíduos agroquímicos (75%) e menor concentração de cádmio (48%). Concentrações de nitrogênio total e compostos à base de nitrogênio tóxico também foram menores em culturas inorgânicas em comparação com culturas convencionais (nitrogênio total: -10%; nitratos: -30%; nitritos: -87%)	(Barański <i>et al.</i> , 2014)
Meta-análise comparando o conteúdo de nutrientes	Carne	A carne orgânica apresenta um perfil de ácidos gordos mais desejável do que os correspondentes não orgânicos	(Seufert <i>et al.</i> , 2012)
Nitrato	Frutas e legumes	Alimentos orgânicos continham até 50% menos nitratos do que os convencionais. Além de apresentarem um maior teor de matéria seca em folhas, raízes e tubérculos Observaram maior teor de N em produtos convencionais e menor em orgânicos. Também notaram maiores teores de K em orgânicos e menor em convencional	(Lairon, 2009; Matt <i>et al.</i> , 2011; Maggio <i>et al.</i> , 2013; Mie <i>et al.</i> , 2016)
Qualidade do produto (sabor e valor nutricional)	Morango e produtos lácteos	Indicaram que à maior qualidade do solo sob manejo orgânico correlaciona-se com maior qualidade de morango Relatam que a agricultura orgânica produz produtos lácteos com diferentes e melhor qualidade nutricional em comparação com produtos lácteos convencionais	(Palupi <i>et al.</i> , 2012; Benbrook <i>et al.</i> , 2013; Reganold and Wachter, 2016)
Flavonoides e β -caroteno	Tomate e cebola	Maior teor de flavonoides sob manejo orgânico e maior teor de β -caroteno em manejo convencional	(Mitchell <i>et al.</i> , 2007; Matt <i>et al.</i> , 2011;

			Reilly <i>et al.</i> , 2013)
Compostos fenólicos, conteúdo de vitaminas, acidez e teor de sólidos solúveis	Frutas e legumes	Maior presença de compostos fenólicos, vitaminas (em especial a C), teores de sólidos solúveis e menor acidez em orgânicos em comparação com o convencional	(Huber <i>et al.</i> , 2011; Matt <i>et al.</i> , 2011; Mie <i>et al.</i> , 2016)
Carotenoides e minerais	Pimentões, ameixas amarelas, tomates e cenouras	Maiores conteúdos em alimentos orgânicos e menor em convencionais	(Huber <i>et al.</i> , 2011; Mie <i>et al.</i> , 2016)

3. ETAPAS E COMO FUNCIONA REGULARIZAÇÃO DA PRODUÇÃO ORGÂNICA NO BRASIL

De acordo com Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para que possam comercializar seus produtos no Brasil como "Orgânicos", os produtores devem se regularizar de uma das formas a seguir:

- Obter certificação por um Organismo da Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC) credenciado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; ou
- Organizar-se em grupo e cadastrar-se junto ao MAPA para realizar a venda direta sem certificação.

Além disso, de acordo com mesmo, existe diferença entre ter e não ter a certificação, pois quando um produtor se cadastrou apenas para venda direta sem certificação, não pode vender para terceiros, só na feira (ou direto ao consumidor) e para as compras do governo (merenda e CONAB). Quando o produto é certificado, pode vender seu produto em feiras, mas, também, para supermercados, lojas, restaurantes, hotéis, indústrias, internet etc.

Assim como, para vender na feirinha, o produtor sem certificação deve apresentar um documento chamado Declaração de Cadastro, que demonstra que ele está cadastrado junto ao MAPA e que faz parte de um grupo que se responsabiliza por ele. Neste caso, só o produtor, alguém de sua família ou de seu grupo pode estar na barraca, vendendo o produto.

Essa declaração deve ser mostrada sempre que o consumidor e a fiscalização pedirem. Já os produtos vendidos em mercados, supermercados, lojas, devem estampar o selo federal do SisOrg em seus rótulos, sejam produtos nacionais ou estrangeiros.

Produtos Orgânicos: Canais de Comercialização e Agregação de Valor

Se o produto for vendido a granel deve estar identificado corretamente, por meio de cartaz, etiqueta ou outro meio. Os restaurantes, lanchonetes e hotéis que servem pratos orgânicos ou pratos com ingredientes orgânicos devem manter à disposição dos consumidores listas dos ingredientes orgânicos e dos fornecedores deste ingredientes.

Nesse contexto, para que produtor possa se regularizar, a certificação pode ser obtida pela contratação de uma Certificadora por Auditoria ou se ligando a um Sistema Participativo de Garantia - SPG, que deverá estar sob certificação de um Organismo Participativo de Avaliação da Qualidade Orgânica – OPAC. No caso de contratação da Certificadora por auditoria, o produtor receberá visitas de inspeção inicial e periódicas e manterá obrigações perante o MAPA e a certificadora, com custo a ser estabelecido em contrato. Se o produtor descumprir as normas, a certificadora retira seu certificado e informa ao MAPA.

No caso da certificação por OPAC, o produtor deve participar ativamente do grupo ou núcleo a que estiver ligado, comparecendo a reuniões periódicas e o próprio grupo garante a qualidade orgânica de seus produtos, sendo que todos tomam conta de todos e respondem juntos, se houver fraude ou qualquer irregularidade que não apontarem e corrigirem. Se o produtor não corrigir, o grupo deve excluí-lo, cancelar o certificado e informar ao MAPA. Caso o interesse seja apenas pela venda direta ou institucional, os produtores podem formar uma Organização de Controle Social – OCS.

3.1 BARREIRAS QUE INTERPOLAM O SUCESSO (ALÉM DA CERTIFICAÇÃO):

Agricultura orgânica (AO) como uma solução para a segurança alimentar mundial é cientificamente falha e perigosa em seu impacto na opinião pública. Entende-se como corte sem recurso a produtos químicos artificiais, trazendo vantagens e limitações (CONNOR, 2018). De acordo com o mesmo autor, uma limitação, por si só, é suficiente para desqualificar a noção de alimentar o mundo organicamente, e é o suprimento de nitrogênio (N).

Todo o cultivo sustentável deve substituir os nutrientes removidos no produto, e para o nutriente principal, N, isso não pode ser adiado sem perda de rendimento. Nos campos sob AO, o N deve ser fornecido para não leguminosas por fixação biológica in situ de N (FBN) de leguminosas consorciadas ou rotacionadas, ou de FBN ex situ como esterco (um termo geral usado aqui para cobrir resíduos animais e vegetais, sozinho ou misturado, cru ou compostado, e não deve ser confundido com o adubo verde).

Além disso, segundo Seufert (2019), os rendimentos da agricultura orgânica têm sido centro de muitos debates sobre as vantagens ou desvantagens do manejo orgânico. Recentemente, tem-se acumulado evidências de que os rendimentos sob manejo orgânico são, em média, 19% -25% menores do que sob manejo convencional. Mas ainda restam muitas questões em aberto, incluindo:

(1) os fatores que contribuem para baixas ou altas defasagens entre agricultura orgânica e convencional;

- (2) se os rendimentos dos testes do sistema orgânico podem ser replicados nos campos dos agricultores;
- (3) o impacto manejo orgânico na estabilidade do rendimento;
- (4) os rendimentos comparativos da agricultura orgânica no nível do sistema de cultivo.

4. AGRICULTURA ORGÂNICA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Agricultura orgânica refere-se a práticas agrícolas regulamentadas por órgãos institucionais nacionais, que certificam produtos orgânicos quanto à produção, à manipulação e processamento.

A agricultura orgânica é caracterizada por uma abordagem ecológica da agricultura e pela proibição do uso de fertilizantes sintéticos e pesticidas (Consonni *et al.*, 2018). As plantas daninhas são controladas através rotação de culturas, cobertura do solo, culturas de cobertura, capina manual e métodos como capina chama (Adamtey *et al.*, 2016). O controle de pragas depende de práticas agroecológico (ou seja, rotação de culturas, culturas intercalares, gestão do solo), agentes de controle (isto é, predadores, parasitoides, patógenos e competidores), alguns compostos tradicionais, como o sulfato de cobre e cal e compostos naturais, com baixa toxicidade para mamíferos, que degradar-se rapidamente no ambiente (Gomiero, 2017)(Fig. 1).

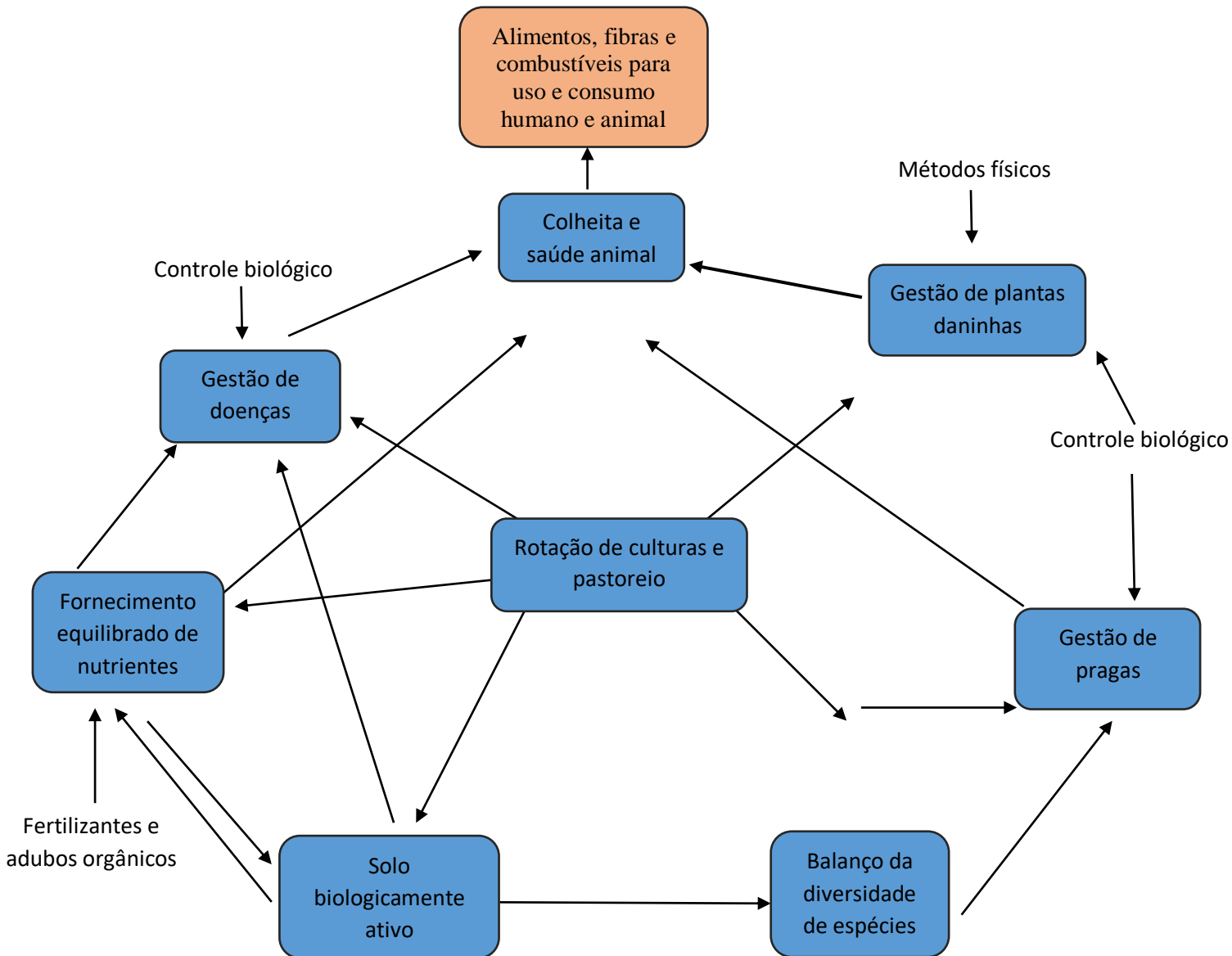


Fig. 1. Práticas de manejo orgânico e suas interações complexas entre fatores estruturais e estratégias de manejo em uma fazenda orgânica de produção diversificada. (Adaptado de Reganold and Wachter, 2016).

De acordo com Gomiero (2017) agricultura orgânica também deve garantir justiça em relação ao ambiente compartilhado e outros seres vivos, e ser gerenciado de maneira cautelosa e responsável para proteger a saúde e o bem-estar das gerações atuais e futuras e do meio ambiente. Cabe ressaltar que a adoção de práticas agroecológicas (ou seja, controle biológico natural de pragas, integrando elementos da paisagem natural em paisagens agrícolas, lavoura reduzida, rotações de culturas entre outras) ou

agricultura com baixos insumos pode também beneficiar grandemente o meio ambiente e reduzir uso de agroquímicos (Altieri, 2002).

O cultivo de culturas orgânicas é considerado uma estratégia de gestão de risco porém é menos sujeita a impactos do que em sistemas convencionais. Muitos autores relatam os efeitos da agricultura de cunho agroecológico ou biológica positivos sobre a biodiversidade e atributos físicos dos solos em comparação com a agricultura convencional (Partelli *et al.*, 2009).

A capacidade da agricultura orgânica para produzir alimentos suficientes, a um preço acessível, para alimentar a população mundial presente e futura tem sido desafiada e, com base nisso, a prática a utilidade da própria agricultura orgânica é descartada (Tuomisto *et al.*, 2012). No entanto, quando se comparam as melhores práticas / desempenhos orgânicos, Seufert *et al.* (2012) relatam uma lacuna de rendimento de cerca de -13%, enquanto de Pontiet *et al.* (2012) relatam que a agricultura orgânica atinge os mesmos rendimentos, ou mesmo mais elevados que a agricultura convencional.

Diversos estudos mostraram que, sob condições de seca, graças à melhor capacidade do solo organicamente gerenciado de armazenar água, as culturas em sistemas com manejo orgânico geram rendimentos mais altos do que culturas comparáveis geridas convencionalmente, até 70-90% sob condições severas de seca (Pimentel *et al.*, 2005). Alguns autores afirmam que a agricultura orgânica também pode ser financeiramente competitiva (Reganold and Wachter, 2016).

Uma meta-análise realizada por Crowder e Reganold (2015) descobriu que os custos totais de manejo não foram significativamente diferentes para a agricultura orgânica e convencional, mas os custos trabalhistas foram significativamente 7 a 13% maiores com práticas agrícolas orgânicas. Embora os lucros na agricultura orgânica fossem cerca de 20 a 30% menores do que a agricultura convencional, quando os prêmios orgânicos não eram contabilizados, a agricultura orgânica era significativamente mais lucrativa (22 a 35%) do que a agricultura convencional quando os prêmios eram aplicados. Vale destacar, se os serviços ambientais fornecidos pela agricultura orgânica fossem contabilizados, seu desempenho seria muito maior (Gomiero *et al.*, 2011).

5. AGRICULTURA ORGÂNICA x CONVENCIONAL

A agricultura orgânica tem se mostrado mais eficiente em termos de energia (Smith *et al.*, 2014) quando comparada com a convencional. Além disso, a agricultura orgânica tende a reduzir a perda de solo, aumentar a matéria orgânica do solo, a capacidade de retenção de água e melhorar a comunidade microbiana do solo (Gomiero *et al.*, 2011), tem o potencial ainda de melhorar a eficiência do uso de nitrogênio e fósforo (Badgley *et al.*, 2007). Muitos dos benefícios ambientais associados à agricultura orgânica pode ser atribuída a práticas agrícolas que promovem a diversidade, e a insumos, como rotação de culturas complexas, adubos verdes, culturas intercalares e pesticidas naturais. A partir de uma perspectiva a curto prazo, a agricultura orgânica é geralmente vista como incapaz de sustentar os altos níveis de produtividade necessários para atender à demanda local e global de alimentos (Seufert *et al.*, 2012). Mas a partir de uma perspectiva a longo prazo, acredita-se que tenha mais perspectiva de ser sustentável e estável (Reganold; Wachter, 2016).

O sistema de produção convencional caracteriza-se pelo uso excessivo de fertilizantes e pesticidas, que não só leva ao desperdício de recursos, mas também acarreta na eutrofização da água, aumenta as emissões de gases com efeito de estufa e ainda degrada a qualidade do solo (Zhang *et al.*, 2011), que, por sua vez, estão todos crucialmente ligados à problemas relacionados à segurança alimentar. Além disso, a adubação excessiva, em especial de N, nem sempre traduz-se num aumento contínuo do rendimento das culturas. Em vez disso, leva à baixa eficiência do uso de nutrientes e à deterioração do ambiente através da acidificação do solo (Guo *et al.*, 2010), eutrofização (Zhang *et al.*, 2011) e emissões de gases de efeito estufa e deposição de N (Liu *et al.*, 2013).

Nesse sentido, diversos estudos estão trabalhando em prol de avaliar as melhorias e contribuições da produção orgânica versus convencional, de modo a identificar a produção mais sustentável (He *et al.*, 2016) e os resultados foram controversos dependendo do diferente método de avaliação, unidades funcionais, condições específicas do local, condições climáticas, e assim por diante. Portanto, mais pesquisas são necessárias em escalas locais para lidar com desafios e oportunidades.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura orgânica pode proporcionar benefícios importantes para a saúde humana e para o meio ambiente, pode ajudar a reduzir o uso de fertilizantes e pesticidas tóxicos, que prejudicam muito o meio ambiente e as pessoas e constituem uma carga econômica para os agricultores. Nesse contexto, a certificação orgânica se faz necessário à comercialização e garantia de procedência dos produtos orgânicos. Acredita-se que existam deficiências nas políticas de comercialização, devido à existência de diversas restrições, sobretudo burocráticas nos programas governamentais para esse setor agrícola. Além disso, observam-se diversos entraves à comercialização de produtos orgânicos, em especial no que diz respeito ao escoamento da produção por exemplo.

Além do mais, é uma maior divulgação na mídia sobre os benefícios dos alimentos orgânicos, bem como a realização de palestras aos diversos segmentos da sociedade sobre a importância dos produtos orgânicos, a fim de melhorar a conscientização da população sobre a importância do consumo destes alimentos, ou que tais práticas não se limitem aos grandes centros, mas que possam também estar disponíveis a qualquer pessoa independentemente de seu poder aquisitivo ou nível cultural.

Por outro lado, observa-se também preocupação dos consumidores relativa a possíveis efeitos negativos para a saúde de produtos alimentares produzidos convencionalmente o que levou grande interesse pelos benefícios para a saúde dos alimentos produzidos organicamente, tanto de origem vegetal quanto de origem animal. Dado o aumento significativo do interesse do consumidor por essa área, há uma necessidade de determinar em que medida existe uma base científica para reivindicações feitas para produtos.

7. REFERÊNCIAS

- Adamtey, N., Musyoka, M.W., Zundel, C., Cobo, J.G., Karanja, E., Fiaboe, K.K.M., Muriuki, A., Muna, M.M., Vanlauwe, B., Berset, E., Messemer, M.M., Gattinger, A., Bhullar, G.S., Cadish, G., Fließbach, A., Mader, P., Niggli, U., Foster, D., 2016. Productivity, profitability and partial nutrient balance in maize-based conventional and organic farming systems in Kenya. *Agric. Ecosyst. Environ* 235, 61-79.
- Altieri, M.A., 2002. Agroecology the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agric. Ecosyst. Environ.* 93, 1-24.
- BADGLEY, Catherine et al. Agricultura orgânica e o suprimento global de alimentos. **Agricultura renovável e sistemas alimentares**, v. 22, n. 2, p. 86-108, 2007.
- BARABANOVA, Y. et al. Transforming Food and Farming: An Organic Vision for Europe in 2030. **Brussels: IFOAM EU**, 2015.
- Barański, M., Średnicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G.B., Benbrook, C., Biavati, B., Markellou, E., Giotis, C., Gromadzka-Ostrowska, J., Rembiałkowska, E., Skwarło-Sońta, K., Tahvonen, R., Janovská, D., Niggli, U., Nicot, P., Leifert, C., 2014. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *Br. J. Nutr.* 112, 794–811.
- Benbrook, C.M., Butler, G., Latif, M.A., Leifert, C., Davis, D.R., 2013. Organic Production Enhances Milk Nutritional Quality by Shifting Fatty Acid Composition: A United States–Wide, 18-Month Study. *PLoS ONE* 8, 842.
- Brandet, K., Leifert, C., Sanderson, R., Seal, C.J., 2011. Agroecosystem management and nutritional quality of plant foods: the case of organic fruits and vegetables. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30, 177–197.
- CONNOR, David J.. Organic agriculture and food security: A decade of unreason finally implodes. *Field Crops Research*, [s.l.], v. 225, p.128-129, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.008>.
- Consonni, R., Polla, D., Cagliani, L.R., 2018. Organic and conventional coffee differentiation by NMR spectroscopy. *Food Control* 94, 284-288.
- CROWDER, David W.; REGANOLD, John P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 24, p. 7611-7616, 2015.

- FRANCIS, C.a.. ORGANIC FARMING. *Encyclopedia Of Soils In The Environment*, [s.l.], p.77-84, 2005. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b0-12-348530-4/00285-x>.
- GODFRAY, H. Charles J. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *science*, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.
- Gomiero, T., 2017. Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: Findings and issues. *Applied Soil Ecology* 123, 714-728.
- Gomiero, T., Pimentel, D., Paoletti, M.G., 2011. Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture. *Crit. Rev. Plant Sci* 30, 95–124.
- GUÉGUEN, L.; PASCAL, G.. Organic Foods. Reference Module In Biomedical Sciences, [s.l.], p.327-345, 2016. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-801238-3.99501-1>.
- Guo, J.H., Liu, X.J., Zhang, Y., Shen, J.L., Han, W.X., Zhang, W.F., Christie, P., Goulding, K.W., Vitousek, P.M., Zhang, F.S., 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. *Science* 327, 1008–1010.
- He, X., Qiao, Y., Liu, Y., Dendler, L., Yin, C., Martin, F., 2016. Environmental impact assessment of organic and conventional tomato production in urban greenhouses of Beijing city, China. *J. Clean. Prod.* 134, 251–258.
- Huber, M., Rembiałkowska, E., Srednicka, D., Bügel, S., Van de Vijver, L.P.L., 2011. Organic food and impact on human health: Assessing the status quo and prospects of research, NJAS. *Wageningen Journal of Life Sciences* 58, 103– 109.
- Lairon, D., 2009. Nutritional quality and safety of organic food. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 33-41.
- Liu, X., Zhang, Y., Han, W., Tang, A., Shen, J., Cui, Z., Vitousek, P., Erisman, J.W., Goulding, K., Christie, P., Fangmeier, A., Zhang, F.S., 2013. Enhanced nitrogen deposition over China. *Nature* 494, 459–462.
- Maggio, A., De Pascale, S., Paradiso, R., Barbieri, G., 2013. Quality and nutritional value of vegetables from organic and conventional farming. *Scientia Horticulturae* 164, 532-539.
- Matt, D., Rembiałkowska, E., Luik, A., Peetsmann, E., Pehme, S., 2011. Quality of Organic vs. Conventional Food and Effects on Health – Report, Estonian University of Life Sciences. Estonian University of Life Sciences, 16.

- Mie, A., Kesse-Guyot, E., Kahl, J., Rembiałkowska, E., Raun Andersen, H., Grandjean, P., Gunnarsson, S., 2016.
- Mitchell, A.E., Hong, Y.-J., Koh, E., Barrett, D.M., Bryant, D.E., Ford Denison, R., Kaffka, S., 2007. Ten-Year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *J. Agric. Food Chem.* 55, 6154–6159.
- PADUA-GOMES, Juliana Benites; GOMES, Eder Pereira; PADOVAN, Milton Parron. Desafios da comercialização de produtos orgânicos oriundos da agricultura familiar no estado de Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 12, n. 1, 2016.
- Palupi, E., Jayanegara, A., Ploeger, A., Kahla, J., 2012. Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: a meta-analysis. *J. Sci. Food Agric.* 92, 2774–2781.
- Partelli, F.L., Busato, J.G., Vieira, H.D., Viana, A.P., Canellas, L.P., 2009.
- PONTI, Tomek; RIJK, Bert; VAN ITTERSUM, Martin K. A diferença de rendimento da cultura entre agricultura orgânica e convencional. *Sistemas Agrícolas*, v. 108, p. 1-9, 2012.
- POPA, Mona Elena et al. Organic foods contribution to nutritional quality and value. *Trends In Food Science & Technology*, [s.l.], p.234-255, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.003>.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., Seidel, R., 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55, 573–582.
- Reganold, J.P., Wachter, J.M., 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. Review article. *Nature plants* 2, 1-8.
- Reilly, K., Cullen, E., Lola-Luz, T., Stone, D., Valverde, J., Gaffney, M., Brunton, N., Grant, J., Griffiths, B.S., 2013.
- Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A., 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229–232.
- SEUFERT, Verena. Comparing Yields: Organic Versus Conventional Agriculture. **Encyclopedia Of Food Security And Sustainability**, p.196-208, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.22027-1>.

Produtos Orgânicos: Canais de Comercialização e Agregação de Valor

- Smith, A.P., Marín-Spiotta, E., de Graaff, M.A., Balser, T.C., 2014. Microbial community structure varies across soil organic matter aggregate pools during tropical land cover change. *Soil Biology and Biochemistry* 77, 292–303
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P., Macdonald, D.W., 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *J. Environ. Manage* 112, 309–320.
- Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J.-F., Ferrer, A., Peigné, J., 2013.
- Zhang, F., Cui, Z., Fan, M., Zhang, W., Chen, X., Jiang, F. Agroecological practices for sustainable agriculture: a review. *Agron. Sustainable Dev.* 34, 1-20., 2011.

CAPÍTULO 4

POTENCIAL DE MECANIZAÇÃO DAS LAVOURAS CAFEIRAS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Gustavo Soares de Souza
Renato Corrêa Taques
João Felipe de Brites Senra
José Antônio Lani

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das principais atividades do agronegócio brasileiro, ocupando em 2017 uma área de 2,21 milhões de hectares, que resulta em uma produção de 45 milhões de sacas beneficiadas (60 kg) e uma receita bruta de R\$ 22 bilhões (CONAB, 2018). A cadeia produtiva de café envolve 287 mil cafeicultores distribuídos em 1.900 municípios em 15 estados brasileiros, gerando renda e oportunidades no meio rural (MAPA, 2018). O Espírito Santo ocupa menos de 0,5% do território brasileiro, contudo se destaca sendo o segundo maior produtor nacional, com de produção de 12,8 milhões de sacas, com 4,5 milhões de sacas de arábica (*Coffea arabica*) e 8,3 milhões de sacas de conilon (*C. canephora*), sendo o maior produtor de café conilon no país (CONAB, 2018).

A falta de mão de obra e seu custo elevado são fatores atuais que preocupam os cafeicultores capixabas e brasileiros. Essa falta de trabalhadores no campo em várias regiões tem onerado o custo da mão de obra, principalmente no período da colheita, o que limita a exploração da cultura (SOUZA et al., 2017). Com isso, muitos cafeicultores não conseguem realizar os tratamentos culturais no momento correto, ou mesmo colher todos os talhões das lavouras. Assim os grãos deixados na lavoura são atacados por brocas, resultando em infestações de pragas na safra seguintes. A maioria dos cafeicultores preferem antecipar a colheita, ou sejam, colhem os frutos com menos de 80% de maturação (FERRÃO et al., 2012), o que interfere no enchimento e na qualidade física dos grãos e sensorial da bebida. A falta de mão de obra resulta em maior especulação no preço da colheita, elevando o custo de produção, tornando o produto menos competitivo no mercado nacional e internacional.

O uso da mecanização agrícola impulsionou o aumento da produção de diversas culturas no Brasil (FERREIRA JÚNIOR et al., 2016). A utilização das máquinas nos sistemas de produção agrícola promoveu a multiplicação do trabalho, reduzindo o tempo gasto com atividades manuais no manejo agrícola e aumentando a produtividade do trabalho e o retorno financeiro dos agricultores (OLIVEIRA et al., 2007a,b; FERNANDES et al., 2013). No Brasil, nas últimas décadas observou-se um avanço no uso de máquinas no cultivo de café arábica (FERREIRA JÚNIOR et al., 2016; CUNHA et al., 2016) e mais recentemente no café conilon (SOUZA et al., 2017). De acordo com o último Censo Agropecuário, o número de tratores agrícolas cresceu 105% em 2017 em relação a 2006 no estado do Espírito Santo

(IBGE, 2018), consequência da redução da disponibilidade de mão de obra no campo, da necessidade de reduzir custo e para aumentar a capacidade de trabalho.

No Espírito Santo, atividades no cultivo de café conilon como preparo de solo, sulcamento, pulverizações e a colheita já são realizadas de forma mecanizada em muitas regiões. Isso ocorre principalmente porque as lavouras foram instaladas em áreas mais planas, divergindo do cafeeiro arábica. A declividade do terreno é uma das principais características geomorfológicas que influencia na capacidade operacional, na viabilidade técnica e que limita o uso de máquinas na agricultura (HÖFIG; ARAÚJO JÚNIOR, 2015; CUNHA et al., 2016; GIMENES et al., 2017). Além disso, a declividade do terreno influencia diretamente na aptidão agrícola e no potencial de produção do solo (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

O uso de sistemas de informação geográfica tem beneficiado o setor agrícola nos últimos anos, pois permite a análise espacial de características do meio físico, gerando mapas digitais que auxiliam na tomada de decisão e no gerenciamento do meio rural (PRADHAN et al., 2016; GIMENES et al., 2017). A análise espacial de características do meio físico foi utilizada no zoneamento agroclimático do cafeeiro conilon para o Espírito Santo (TAQUES; DADALTO, 2017) e no potencial de mecanização do cafeeiro arábica no estado do Paraná (HÖFIG; ARAÚJO JÚNIOR, 2015). Dessa forma, definir as áreas aptas, bem como o potencial do uso de máquinas agrícolas no estado do Espírito Santo é importante informação para orientação de cafeicultores, investidores e ações estratégicas de governo.

O objetivo deste capítulo foi identificar o potencial de mecanização agrícola das áreas cafeeiras do território do estado do Espírito Santo e o potencial de expansão desta atividade agrícola por meio do mapeamento digital e processamento de dados espacial de classes de declive do terreno e uso e ocupação do solo agrícola.

2. PROCESSAMENTO DE DADOS

O estudo foi realizado no território do estado do Espírito Santo, localizado na região sudeste do Brasil, entre as coordenadas de latitudes 17°53'30" e 21°18'23" Sul e longitudes 39°41'21" e 41°51'33" Oeste.

O mapeamento de uso e cobertura do solo 2012-2015 (IEMA, 2018) foi utilizado para definição das áreas de cultivo agrícola e de pastagem. As áreas de uso atual cultivadas com café (*Coffea* sp.) foram divididas em café arábica (*C. arabica* L.) conilon (*C. canephora* Pierre ex A. Froehner), utilizando como critério o modelo de temperatura média anual obtido no zoneamento agroclimatológico para a cultura do café conilon no estado do Espírito Santo (TAQUES; DADALTO, 2017). As áreas de cultivo de café com temperatura média anual entre 22 e 26 °C foram consideradas como áreas cultivadas com café conilon, e as áreas de cultivo de café com temperatura média anual inferior à 22 °C foram consideradas como áreas cultivadas com café arábica (MATIELLO, 1991; FERRÃO et al., 2012).

Para avaliar o potencial de expansão das áreas de cultivo de café arábica e conilon, foi considerado dois cenários, sendo o primeiro considerando toda a área agrícola apta para o cultivo de café arábica e conilon (TAQUES; DADALTO, 2017) e o segundo considerando a expansão do cultivo sobre as áreas

atualmente usadas como pastagem (IEMA,2018) dentro das condições de aptidão agroclimatológicas para o cultivo de cafés arábica e conilon.

O modelo digital de elevação (MDE) foi obtido a partir das imagens da *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), com resolução espacial de 90 m (CGIAR, 2015). O MDE hidrológico foi desenvolvido para eliminar pequenas imperfeições com o uso de ferramentas do *software* ArcGIS 10 (ESRI, 2015). O MDE foi processado no *software* SAGA 2.3.2 (SAGA, 2018) para obtenção do mapa de declividade do terreno. Para aumentar a precisão das estimativas de área, o mapa de declividade foi reamostrado para obtenção de pixel de 10 m (0,01 hectare).

A declividade do terreno foi classificada, de acordo com o potencial de mecanização, adaptado de Silva et al. (2009) e Höfig e Araújo Júnior (2015), sendo extremamente alto, muito alto, alto, moderado, baixo, muito baixo e não recomendado para as classes de declividade de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 20-30 e >30%, respectivamente. A quantidade de área de cada classe do potencial de mecanização foi obtida a partir do cruzamento dos planos de informações de uso e cobertura do solo e de classes de declividade, utilizando as ferramentas disponíveis na extensão *Spatial Analyst* do *software* ArcGIS 10(ESRI, 2015).

3. POTENCIAL ATUAL DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

O estado do Espírito Santo apresenta 2,47 milhões de hectares com uso agrícola, o que representa 54% do território estadual (Tabela 1, Figura 1). Deste total, 29,6; 16,9 e 13,9% tem o potencial de mecanização extremamente alto, muito alto e alto, respectivamente, o que representa um total de 60,4% da área com uso agrícola. O estado possui ainda 11,6 e 16,6% da área com uso agrícola com declividade do terreno entre 15-20 e 20-30%, respectivamente. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2005), declives entre 25-50% deveriam ser trabalhados mecanicamente apenas com máquinas simples ou de tração animal, mesmo assim com limitações e acima de 50% não utilizar processos mecanizados. Entretanto, Pradhan et al. (2016) consideraram apenas uma inclinação de até 14% como viável para o uso de tratores agrícolas no distrito de Sunsari no Nepal, visando a conservação do solo e sustentabilidade dos cultivos, o que resultou em uma área com 97% de potencial de mecanização.

Tabela 1. Classes de declividade e potencial de mecanização da área com uso agrícola atual no estado do Espírito Santo

Declividade	Potencial de mecanização	Área (ha)	Percentual (%)
0 a 5 %	Extremamente alto	730.009	29,6
5 a 10 %	Muito alto	416.488	16,9
10 a 15 %	Alto	343.894	13,9
15 a 20 %	Moderado	285.471	11,6
20 a 25 %	Baixo	232.929	9,4
25 a 30 %	Muito baixo	177.400	7,2
> 30 %	Não recomendada	279.236	11,3
Total		2.465.427	100,0

Fonte: autores.

De acordo com a legislação vigente no Espírito Santo, operações com máquinas agrícolas são permitidas em áreas com declividade média de até 44,5% (ESPÍRITO SANTO, 2001), o que representa um sério risco a conservação do solo, haja vista o elevado grau de inclinação permitido para o uso de máquinas agrícolas. O revolvimento do solo em áreas muito íngremes, como frequentemente constatado no estado, potencializa o processo erosivo, tendo como consequência a degradação do solo, resultando na contaminação e no assoreamento de mananciais superficiais (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005). Além disso, o trabalho com máquinas agrícolas em condições de declividade acentuada é uma das principais causas de acidentes no meio rural (DEBIASI et al., 2004; GIMENES et al., 2017), e muitas vezes resultando em acidentes fatais.

O Espírito Santo apresenta 432 mil hectares em uso com café, o que representa cerca de 17% da área agrícola estadual (Tabela 2, Figura 2). Deste total em uso com café, 37% está com café arábica e 63% com conilon. O potencial de mecanização foi extremamente alto, muito alto e alto, para 3,8; 8,1 e 12,6% para o arábica e 33,3; 18,9 e 14,7% para o conilon, respectivamente. Estas áreas aptas para a mecanização representam um total de 24,5 e 66,9% da área atual ocupada com café arábica e conilon, respectivamente. O estado possui ainda 32,6 e 14,1% da área em uso agrícola com café arábica e conilon com declividade entre 20 e 30%, não sendo recomendado o uso de operações mecanizadas para a cafeicultura, concordando com Höfig e Araújo Júnior (2015) e Silva et al. (2009), contudo legalmente permitidas no estado, como citado anteriormente.

Nestas áreas mais declivosas o uso de microterraceamento pode ser uma alternativa para viabilizar o uso de máquinas agrícolas (MATIELLO, 2015). A instalação de microterraços na lavoura viabiliza o uso de microtratores e tratores cafeeiros nas entrelinhas das plantas (MATIELLO et al., 2015). Além disso, apresentam potencial para aumentar a conservação do solo e a infiltração de água, minimizando o processo erosivo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005). Apesar do elevado investimento inicial, a utilização dos microterraços nas lavouras mostra-se viável economicamente (ALVES et al., 2017) e pode aumentar a competitividade da cafeicultura de montanha. Neste estudo não se considerou o uso de microterraceamento para a classificação quanto a aptidão do terreno à mecanização agrícola.

Potencial de Mecanização das Lavouras Cafeeiras no Estado do Espírito Santo

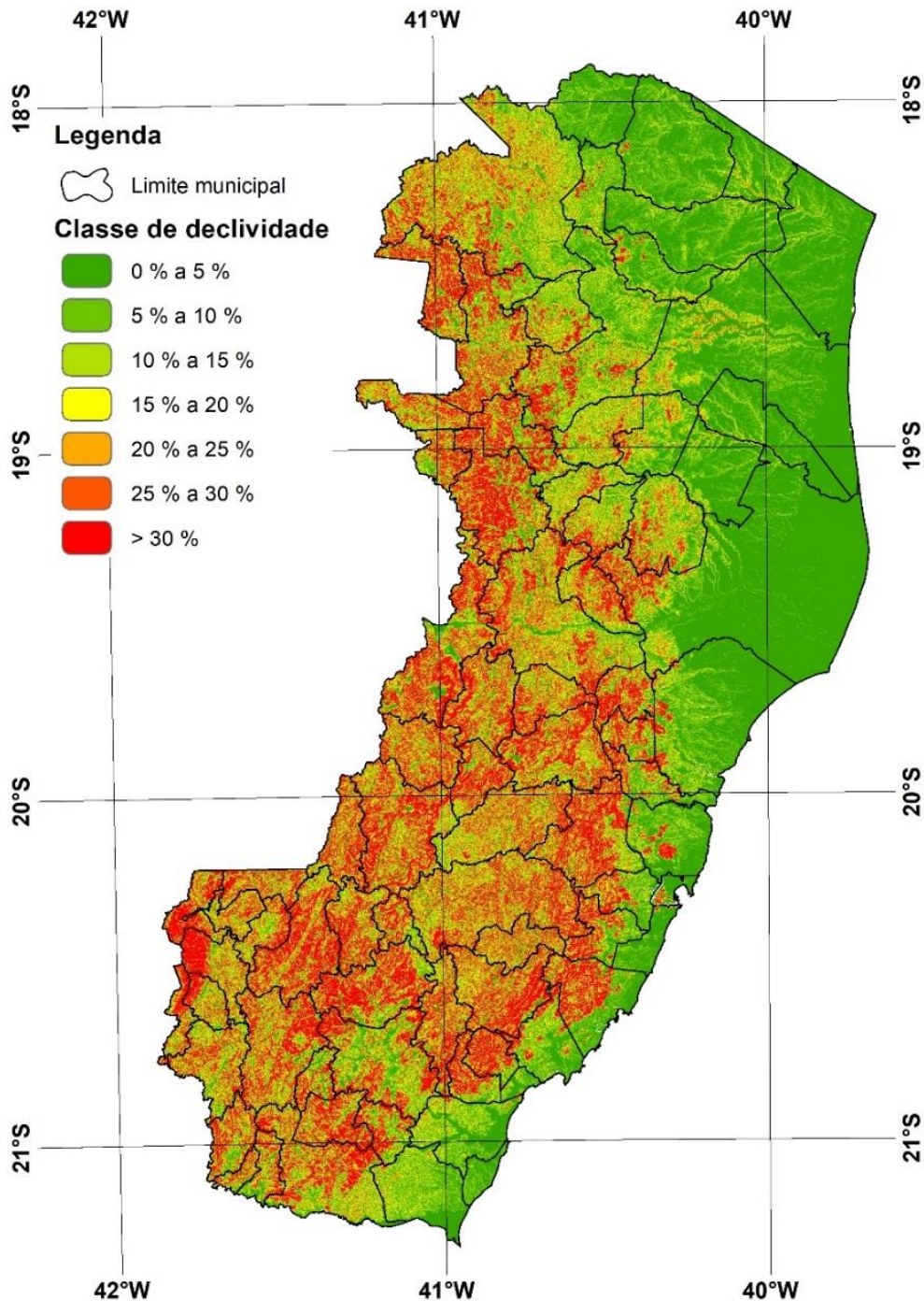


Figura 1. Mapa de classes de declividade do terreno do estado do Espírito Santo. Fonte: autores.

Os resultados obtidos na Tabela 2 e Figura 2 indicam uma maior restrição a mecanização das lavouras de café arábica, entretanto demonstram a possibilidade de intensificar o uso de máquinas agrícolas nas lavouras de café conilon em função da maior área apta. A maior inserção da mecanização pode melhorar a produção agrícola e reduzir o trabalho penoso, total ou parcialmente, por meio do uso de máquinas, implementos e ferramentas agrícolas (PRADHAN et al., 2016). Além disso, o uso de máquinas na cafeicultura tem sido viável economicamente, aumento o retorno financeiro dos agricultores (OLIVEIRA et al., 2007a,b; FERNANDES et al., 2013), tornando a cafeicultura mais atrativa, rentável e competitiva.

Tabela 2. Classes de declividade e potencial de mecanização das áreas com café conilon e arábica no estado do Espírito Santo

Declividade	Potencial de mecanização	Área (ha)	Percentual (%)
Lavouras de café arábica			
0 a 5 %	Extremamente alto	6.073	3,8
5 a 10 %	Muito alto	12.977	8,1
10 a 15 %	Alto	20.018	12,6
15 a 20 %	Moderado	25.584	16,1
20 a 25 %	Baixo	27.053	17,0
25 a 30 %	Muito baixo	24.782	15,6
> 30 %	Não recomendada	42.740	26,8
Total		159.227	100,0
Lavouras de café conilon			
0 a 5 %	Extremamente alto	90.846	33,3
5 a 10 %	Muito alto	51.643	18,9
10 a 15 %	Alto	40.099	14,7
15 a 20 %	Moderado	31.314	11,5
20 a 25 %	Baixo	22.837	8,4
25 a 30 %	Muito baixo	15.463	5,7
> 30 %	Não recomendada	20.684	7,6
Total		272.887	100,0

Fonte: autores.

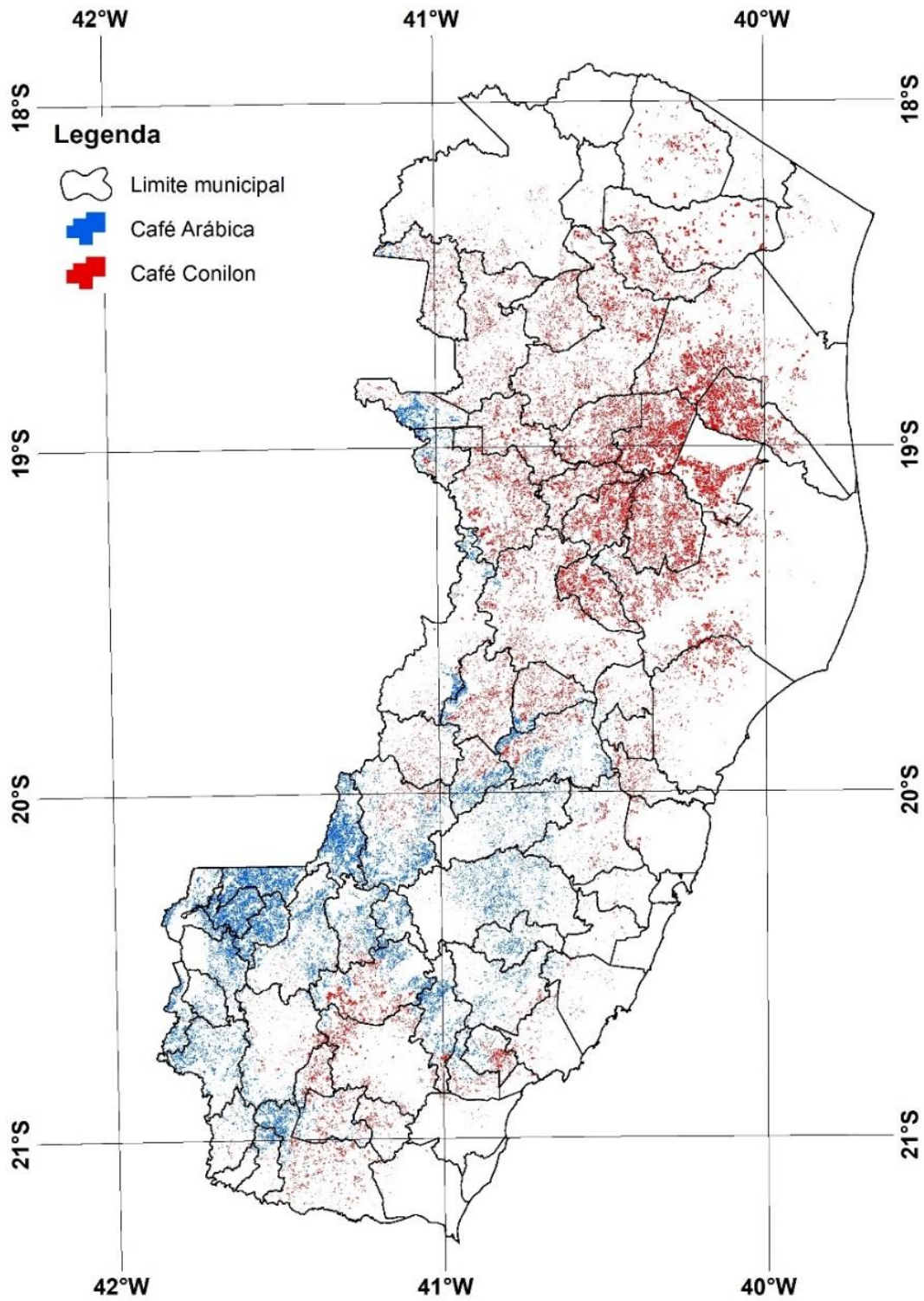


Figura 2. Distribuição espacial das lavouras de café arábica (azul) e conilon (vermelho) no estado do Espírito Santo. Fonte: autores.

4. POTENCIAL DE EXPANSÃO DA CAFEICULTURA MECANIZADA

Avaliando o potencial de expansão da cafeicultura capixaba com base no zoneamento agroclimatológico (TAQUES; DADALTO, 2017), o estado do Espírito Santo apresenta aproximadamente

4,5 milhões de hectares de área com aptidão agroclimatológica para o cafeeiro, sendo 23,3 % apta para o café arábica e 76,7 % para o conilon (Figura 3). Esses números indicam o potencial de expansão de lavouras de café arábica e conilon no território capixaba em função das condições ambientais e climáticas e da possibilidade de gerar maior retorno econômico em relação a outras atividades agrícolas, como pecuária bovina de corte e o cultivo de eucalipto e que ocupam extensas áreas agrícolas.

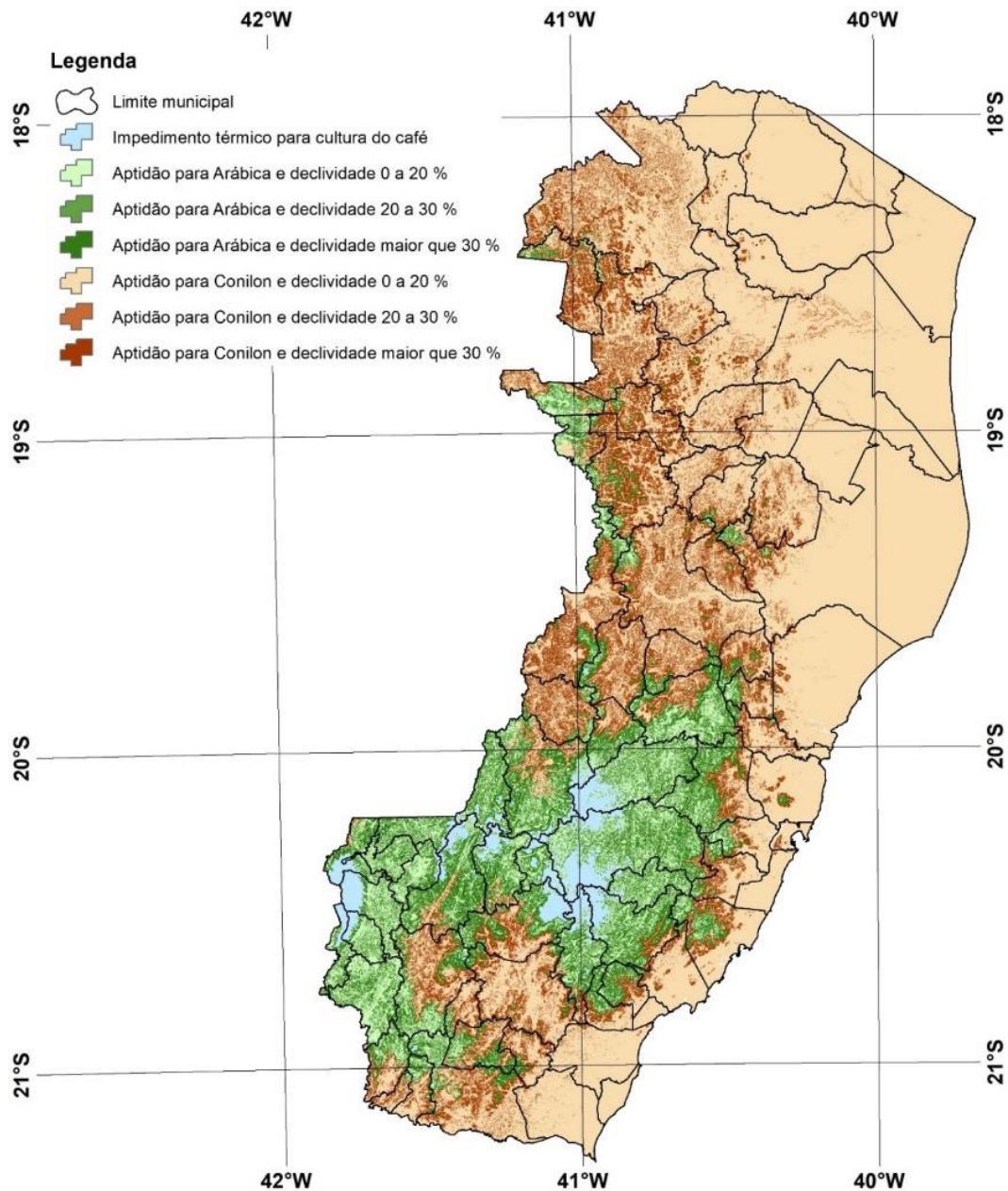


Figura 3. Classes de declividade do terreno e potencial de mecanização para as áreas apta com base no zoneamento agroclimatológico para o cultivo de café conilon e arábica no estado do Espírito Santo. Fonte: autores.

Potencial de Mecanização das Lavouras Cafeeiras no Estado do Espírito Santo

O estado do Espírito Santo apresenta 1,79 milhões de hectares de área com pastagem, sendo a atividade que ocupa o maior percentual da área com uso agrícola. A área de pastagem tem 15% localizada na região apta para o café arábica e 85% na região apta para o café conilon (Tabela 3), baseadas no zoneamento agroclimatológico (TAQUES; DADALTO, 2017). Avaliando a distribuição das áreas ocupadas com pastagem dentro do zoneamento agroclimatológico do cafeeiro, é possível notar um predomínio do uso com pastagem nas áreas mais declivas na área de zoneamento do café arábica, ocorrendo o inverso na área ocupada com pastagem e dentro do zoneamento para o café conilon, ou seja, predomínio de área ocupada com pastagem nos terrenos menos declivosos, o que indica a possibilidade de intensificação agrícola destas áreas (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994). As áreas de pastagem, quando bem manejadas, são compostas de culturas forrageiras com potencial de conservação do solo e geralmente utilizadas em áreas mais declivosas ou vulneráveis quanto a degradação do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005). Assim, são recomendadas nas áreas menos declivosas culturas anuais e, ou perenes devido ao menor risco de degradação do solo e pela possibilidade de desenvolver cultivos agrícolas mais lucrativos para o agricultor (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994).

Tabela 3. Classes de declividade e potencial de mecanização das áreas com uso atual com pastagens nativas e plantadas com aptidão para o cultivo de café arábica e conilon no estado do Espírito Santo.

Declividade	Potencial de mecanização	Área (ha)	Percentual (%)
Aptidão para café arábica			
0 a 5 %	Extremamente alto	22.517	8,5
5 a 10 %	Muito alto	26.724	10,1
10 a 15 %	Alto	33.219	12,5
15 a 20 %	Moderado	36.983	13,9
20 a 25 %	Baixo	37.787	14,3
25 a 30 %	Muito baixo	34.712	13,1
> 30 %	Não recomendada	73.176	27,6
Aptidão para café conilon			
0 a 5 %	Extremamente alto	487.556	31,9
5 a 10 %	Muito alto	285.821	18,7
10 a 15 %	Alto	228.493	15,0
15 a 20 %	Moderado	175.190	11,5
20 a 25 %	Baixo	132.203	8,7
25 a 30 %	Muito baixo	92.473	6,1
> 30 %	Não recomendada	125.854	8,2

Fonte: autores.

O potencial de mecanização da área em uso com pastagem na região delimitada pelo zoneamento agroclimatológico para a cafeicultura foi extremamente alto, muito alto e alto, para 8,5; 10,1 e 12,5% na área delimitada para o café arábica e 31,9; 18,7 e 15,0% na área delimitada para o café conilon, respectivamente. Estas áreas aptas para a mecanização representam um total de 31,1 e 65,6% da área atual

ocupada com pastagem dentro das regiões delimitadas pelo zoneamento para o café arábica e conilon, respectivamente, o que equivale a 82 e 1.002 mil hectares. Esses números indicam o potencial de expansão da cafeicultura mecanizada em 51 e 367% para o arábica e conilon, respectivamente.

Considerando um cenário de plantio de café arábica e conilon na área de pastagem na classe de aptidão a mecanização extremamente alta (declive $\leq 5\%$), isso equivale a possibilidade de aumentar a área de café arábica e conilon em 14 e 179%, respectivamente, ocupando 28% da área atual em uso com pastagem. Já para dobrar a área de café conilon capixaba seria necessária uma redução de 15% na área de pastagem, enquanto que uma redução de apenas 5% na área de pastagem é suficiente para aumentar em 33% a área de café conilon de maneira totalmente mecanizável. Dessa forma, um crescimento direcionado das lavouras de café arábica e conilon sobre áreas de pastagem aptas a mecanização agrícola não seriam impedidas pela limitação de mão de obra, haja vista as tecnologias disponíveis para o manejo mecanizado das lavouras cafeeiras de arábica e conilon (OLIVEIRA et al., 2007a,b; LANNA; REIS, 2012; FERRÃO et al., 2012; SOUZA et al., 2017). Em muitas regiões no estado, áreas de pastagem aptas a mecanização e ao plantio de café conilon encontram-se em processo de degradação do solo ou são usadas em sistemas extensivos com baixo uso de tecnologias (BARRETO; SARTORI, 2012), o que resulta em baixo retorno financeiro ao produtor ou até mesmo em prejuízo, o que inviabiliza novos investimentos, inclusive em ações de conservação do solo, tão necessárias em muitas regiões.

Vale destacar ainda a disponibilidade de tecnologia na pecuária brasileira e capixaba que permitem a intensificação da atividade (AUAD et al., 2010; VALLE, 2011), como aumento da capacidade de suporte animal, ganho de peso e produção de leite por área, o que viabilizaria uma redução na área ocupada com pastagem sem alterar os indicadores produtivos da pecuária estadual, contribuindo para aumentar a produção agrícola, gerando renda aos agricultores e distribuindo riqueza e oportunidades no meio rural capixaba.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Espírito Santo apresenta 24,5 % e 66,9 % das lavouras de café arábica e conilon respectivamente aptas ao uso de máquinas agrícolas, o que possibilita a diminuição da dependência por mão de obra e reduzir o custo de produção. Além disso, o estado do Espírito Santo possui um potencial de expansão da cafeicultura mecanizada, principalmente das lavouras de café conilon sobre áreas de pastagem. Duplicar a área de café conilon sobre áreas aptas a mecanização resultaria em uma redução de 15% na área atual em uso com pastagem, enquanto que uma redução de 5% na área de pastagem permitiria um aumento de 33% na área de café conilon com aptidão a mecanização. A expansão da cafeicultura capixaba sobre áreas de pastagem pode ser uma alternativa para o aumento das lavouras de café e consequentemente da produção estadual, contribuindo para a geração renda e para o desenvolvimento do meio rural capixaba, sem, contudo, prejudicar a pecuária estadual.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, E.A.; COSTA, J.N.M.; SANTOS, J.C.F. Procedimentos de colheita do café. In: MARCOLAN, A.L.; ESPINDULA, M.C. **Café na Amazônia**. Brasília-DF: Embrapa, 2015. p.347-358, cap. 15.
- AUAD, A.M. et al. **Manual de bovinocultura de leite**. Brasília: LK Editora; Belo Horizonte SENAR-MG; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 608p.
- BARRETO, P.; SARTORI, M. **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo**. Vitória-ES: CEDAGRO, 2012. 63p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**, 5 ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO [CONAB]. Acompanhamento da safra brasileira de café – Safra 2018. **Acompanhamento da Safra Brasileira**, v.5, n.2, p.1-70, 2018.
- CONSORTIUM FOR SPATIAL INFORMATION [CGIAR]. **SRTM 90m Digital Elevation Data**. Disponível em: <<http://srtm.csi.cgiar.org/>>. Acesso em: 20 Mar de 2015.
- CUNHA, J.P.B.; SILVA, F.M.; ANDRADE, E.T.; CARVALHO, L.C.C. Modeling of operational performance parameters applied in mechanized harvest of coffee. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.10, p.946-952, 2016.
- DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J.F.; WILLES, J.A. Acidentes de trabalho envolvendo conjuntos tratorizados em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.34, n.3, 2004.
- ESPÍRITO SANTO. LEI Nº 6.607, dispõe sobre o preparo do solo para fins agrícola, pecuário e florestal, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**. 6 fevereiro 2001.
- FERNANDES, H.C.; BURLA, E.R.; LEITE, E.S.; MINETTE, L.J. Avaliação técnica e econômica de um “*Harvester*” em diferentes condições de terreno e produtividade da Floresta. **Scientia Forestalis**, v.41, n.97, p.145-151, 2013.
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A da; FERRÃO, M. A. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; De MUNER, L. H.; LANI, J. A.; PREZOTTI, L. C.; VENTURA, J. A.; MARTINS, D. dos S.; MAURI, A. L.; MARQUES, E. M.G.; ZUCATELI, F. **Café Conilon: Técnicas de Produção com variedades melhoradas**. 4. ed. Vitória, ES: Incaper, 2012. 74p. (Incaper. Circular Técnica, 03-I).
- FERREIRA JUNIOR, L.G.; SILVA, F.M.; FERREIRA, D.D.; SALES, R.S. Recomendação para colheita mecânica do café baseado no comportamento de vibração das hastes derriçadoras. **Ciência Rural**, v.46, n.2, p.273-278, 2016.
- GUIMENES, G.R.; OLIVEIRA, R.B.; SILVA, A.F.; REIS, L.C.; REIS, T.E.S. Mapping of slopes for the operation of agricultural harvesters in Bandeirantes Municipality (PR). **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.1, p.97-108, 2017.
- HÖFIG, P.; ARAUJO-JUNIOR, C.F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**, v.10, n.2, p.195-203, 2015.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **Censo Agropecuário 2017:** resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. 5p.
- INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS [IEMA]. **Mapeamento ES 2012-2015** – Uso e Cobertura do Solo. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 05 Junho 2018.
- LANNA, G.B.M.; REIS, R.P. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v.7, n.2, P.110-121, 2012.
- MATIELLO, J. B. **O café:** do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo. 1991. 320 p.
- MATIELLO, J.B. Micro-terraceamento em cafezais de montanha, com uso de tração animal. **Revista do Café**, n.94, 853, p.30-32, 2015.
- MATIELLO, J.B.; CARVALHO, M.L.; SIQUEIRA, H.; KROHLING, C.A. Modos de fazer micro-terraços em cafezais de montanha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 41., 2015. **Anais...** CBPC: Poços de Caldas, MG, 2015. p.338.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO [MAPA]. **Café no Brasil.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 12 Julho 2018.
- MUELLER, L.; SCHINDLER, U.; MIRSCHEL, W.; SHEPHERD, T.G.; BALL, B.C.; HELMING, K.; ROGASIK, J.; EULENSTEIN, F.; WIGGERING, H. Assessing the productivity function of soils: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.30, n.3, p.601-604, 2010.
- OLIVEIRA, E.; SILVA, F.M.; SALVADOR, N.; FIGUEIREDO, C.A.P. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.714-721, 2007a.
- 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, 2007b.
- PRADHAN, A.; JAYASURIYA, H. P. W.; MBOHWA, C. Status and potentials of agricultural mechanization in Sunsari District, Nepal. **Applied Engineering in Agriculture**, v.32, n.6, p.759-768, 2016.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65p.
- SAGA. **System for Automated Geoscientific Analyses.** Disponível em: <<http://www.saga-gis.org/en/index.html>> Acesso em: 01 Maio 2018.
- SILVA, F.M.; REZENDE, F.A.; ALVES, H.M.R.; ALVES, M.C.; MOREIRA, M.A.; SILVA, A.C. Potencialidade de mecanização da região sul e sudoeste de Minas Gerais, visando a lavoura cafeeira. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória, ES. **Anais ... Brasília, D.F: Embrapa Café**, 2011.

Potencial de Mecanização das Lavouras Cafeeiras no Estado do Espírito Santo

- 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.; DE MUNER, L.H. (ed.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2017. p. 509-530.
- TAQUES, R.C.; DADALTO, G.G. Zoneamento agroclimatológico para a cultura do café conilon no estado do Espírito Santo. In: FERRÃO, R.G; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.; DE MUNER, L.H. (ed.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2017. p. 69-80.
- VALLE, E.R.**Boas práticas agropecuárias: Bovinos de corte – Manual de orientações**. 2.ed. Campo Grande-MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. 69p.

CAPÍTULO 5

MECANIZAÇÃO E AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA CULTURAS PERENES

Samuel de Assis Silva
Caique Carvalho Medauar
Julião Soares de Souza Lima
Michel de Assis e Silva

1. IMPORTÂNCIA DA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

Durante muitos anos o processo de exploração agrícola aconteceu de modo extensivo, com baixa adoção de tecnologias, grande absorção de mão-de-obra e elevado impacto ao ambiente natural, causado, principalmente pelos desmatamentos para abertura de novas áreas e, em alguns casos, novas fronteiras agrícolas. Ao longo de séculos, a tração animal foi a principal fonte de potência disponível no campo para auxiliar o homem nas mais diversas atividades.

Com a invenção dos motores de combustão interna no final do século XIX e sua efetiva utilização como mecanismo propulsor de máquinas e equipamentos no início do século XX, a realidade do campo sofreu drástica mudança. Em países do hemisfério norte, o lugar de bovinos e equinos foi rapidamente sendo ocupado por tratores e máquinas pesadas, com baixa capacidade operacional e elevada complexidade de operação, mas que eram capazes de gerar uma quantidade de força inúmeras vezes superior aos animais. Além disso, as novas máquinas eram capazes de tracionar e, agora de acionar, implementos e ferramentas cada vez maiores.

Ao longo do século XX, as mudanças que a mecanização sofreu e, principalmente aquelas que ela proporcionou, permitiram que a produtividade das áreas agrícolas crescesse exponencialmente. Devido a essa e outras questões, a Academia Nacional de Engenharia (NAE) dos Estados Unidos da América, considerou a Mecanização Agrícola a sétima maior invenção do século XX, à frente do computador e do telefone, sendo o trator agrícola um dos principais insumos agrícolas, caracterizado como a principal fonte de potência no campo (RUSSINI, 2009).

O surgimento dos tratores agrícolas abriu caminho para o que hoje chamamos de tecnologia agrícola, sendo essa máquina a grande responsável pelos avanços da agricultura. Muito diferente de seus primeiros exemplares, atualmente os tratores agrícolas, além das funções de tração e acionamento, são capazes de realizar operações complexas com elevada eficiência e, em alguns casos, de forma automatizada e ou autônoma. Dotados de inovações elétricas e eletrônicas e alicerçados sobre conceitos de Agricultura de Precisão, as modernas máquinas são capazes de, ao mesmo tempo que realizam as operações básicas, gerar um completo diagnóstico dos campos de produção, fornecendo informações importantes para quem gerencia a área.

Atualmente é possível encontrar máquinas com cabines espaçosas, ergonômicas, climatizadas e com maior utilidade. Os tradicionais sistemas de direção e as alavancas para mudança de marchas e

acionamento de mecanismos de transmissão, foram substituídos, em alguns casos, por controles multifuncionais que permitem, com maior agilidade e precisão acessar ajustes finos que eram impossíveis até pouco tempo. Seguindo essa sequência de modernização, monitores e sistemas de automação permitem diversas funções monitoradas diretamente na linha de visão do operador, com interface inteligente e informações disponíveis de acordo com a necessidade.

A atual agricultura brasileira, considerada uma das mais importantes e maiores produtoras de commodities agrícolas mundiais, deve, em muito, a sua evolução à mecanização agrícola. Sem os modernos tratores e implementos disponíveis para as diferentes etapas de um processo produtivo, seria impossível atingirmos os níveis de produtividade vivenciados atualmente.

Quando se analisa a história recente da agricultura mundial, fica evidente a indissociabilidade desta com a mecanização, retratando de forma efetiva que seria impossível a obtenção dos resultados expressivos atuais utilizando tecnologias pré-mecanização. A partir deste cenário e vislumbrando o futuro, não é absurdo afirmar que estamos apenas no início de um processo que tende a evoluir em velocidade cada vez maior.

2. MECANIZAÇÃO E AGRICULTURA DE PRECISÃO

A Agricultura de Precisão (AP) é uma vertente da tecnologia agrícola que, baseada na variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas, objetiva manejar de forma precisa e localizada as lavouras agrícolas. Distinguindo-se de métodos convencionais, em AP busca-se não somente a determinação dos valores para uma variável e ou atributo, mas também sua posição no espaço-tempo.

A AP apresenta caráter abrangente, porém está alicerçada, de forma indissociável, sobre a Mecanização Agrícola. Os maiores avanços em Mecanização dos últimos anos se devem à crescente evolução das tecnologias e ferramentas em AP, que ao serem embarcadas em máquinas e ou implementos agrícolas aumentam sobremaneira a utilidade, eficiência e eficácia dos conjuntos mecanizados. A possibilidade de instrumentação de tratores, colhedoras, pulverizadores autopropelidos e demais máquinas agrícolas, bem como de diferentes implementos destinados às mais distintas práticas agrícolas, tem possibilitado que o campo vivencie processos de automação inimagináveis e somente evidenciados em meios industriais.

Atualmente, as máquinas mais modernas são capazes de realizar atividades muito além daquelas a que foram inicialmente projetadas. Colhedoras automotrizes de grãos, por exemplo, ao mesmo tempo que realizam as etapas básicas de colheita, alimentação, trilha/retrilha, separação e limpeza, constroem mapas de produtividade que serão posteriormente utilizados como ferramenta auxiliar na tomada de decisão sobre práticas de manejo.

Na aplicação de fertilizantes foliares, a disponibilidade de sensores capazes de determinar a reflectância dos dosséis e que operam integrados aos mecanismos de pulverização, permitem que as aplicações sejam localizadas, com redução de desperdício e de impacto ao ambiente natural. Sensores que detectam, em tempo real, o vigor vegetativo de plantas cultivadas e permitem o cálculo de doses

requeridas de nitrogênio pela cultura e a aplicação de fertilizantes foliares, por exemplo, são realidade em diferentes regiões agrícolas nacionais e mundiais.

Para a pulverização de produtos fitossanitários, existem no mercado sensores capazes de detectar, em tempo real, a presença ou ausência dos alvos (principalmente plantas daninhas) e indicar a necessidade ou não de aplicação. Nesse sistema, as leituras feitas pelo sensor e as aplicações de produto são realizadas em sequência, com equipamentos embarcados no mesmo trator/máquina. Esses sistemas têm ganhado espaço nas práticas em AP por assegurarem uma maior eficiência de aplicação e por garantirem menor impacto ambiental, haja vista que há uma drástica redução do volume de calda depositada sobre o solo.

No caso de produtos aplicados por via sólida, ainda são escassos os mecanismos capazes de estabelecer em tempo real, a disponibilidade de nutrientes em solução e efetuar a aplicação do produto (fertilizante, por exemplo). Alguns sensores tracionados por tratores agrícolas têm sido desenvolvidos e outros já são utilizados, a alguns anos, com resultados consistentes para auxiliar as práticas de manejo. Sensores de condutividade elétrica aparente riscam o solo (Figura 1a) permitindo a construção de mapas de fertilidade e a orientação para a geração de zonas específicas de manejo. Igualmente, sensores tracionados por tratores e capazes de determinar o pH do solo têm sido utilizados para respostas rápidas sobre acidez de áreas agrícolas, cultivadas ou não (Figura 1b).



Figura 1 – Condutivímetro tratorizado – Veris (a) e sensor de condutividade elétrica e pH do solo (b).
Fonte: Stara (a) e Veris Technologies (b).

Atualmente existe uma grande diversidade de sensores disponíveis para serem embarcados em máquinas agrícolas, que vão desde aqueles que mensuram características do solo, passando por outros que estabelecem parâmetros das plantas, até alguns que determinam o posicionamento preciso das máquinas e permitem o deslocamento automatizado ou autônomo das mesmas. A partir desse último grupo de sensores, foi possível a expansão dos sistemas de piloto automático para máquinas agrícolas.

Os pilotos automáticos que equipam máquinas agrícolas permitem que as operações sejam realizadas com elevada precisão e qualidade. Por sua versatilidade, permitem também a gravação das linhas de plantio, repetibilidade nas operações (retorno exatamente no local desejado) e que as jornadas diárias de trabalho das máquinas sejam de 24 horas, assegurando a mesma precisão ao longo do tempo.

Os sistemas de piloto automático consistem de três segmentos básicos generalizados: a) um segmento de posicionamento; b) um segmento de controle eletromecânico, e; c) um segmento de monitoramento. Para o perfeito funcionamento do sistema é necessário que os três sistemas operem com a máxima eficiência e precisão, assegurando que as operações sejam realizadas de forma correta.

O segmento de posicionamento compreende os sistemas de navegação por satélite (GNSS) e os mecanismos de correção em tempo real, os quais devem assegurar um posicionamento com precisões milimétricas. O segmento de controle eletromecânico engloba os diferentes mecanismos para controle direcional e de velocidade de deslocamento da máquina, o qual é orientado pelo posicionamento dado pelo GNSS, permitindo que seja respeitado um planejamento de deslocamento feito previamente. O último e não menos importante segmento diz respeito ao monitoramento das funções dos anteriores, bem como de outras operações que podem estar integradas ao sistema.

No mesmo caminho da automação das máquinas está a telemetria e a robótica aplicada à agricultura. Ambos os campos da ciência apresentam (assim como a eletrônica e a computação), avanços sistemáticos e rápidos, o que leva a pensar, sem qualquer absurdo, que essas tecnologias estarão, em um futuro próximo, equipando a maior parte da frota de máquinas e equipamentos agrícolas, principalmente em áreas onde a agricultura é, tradicionalmente, mais tecnificada. Um exemplo disso é que algumas empresas já lançaram máquinas capazes de transmitir sinais sobre rendimento e capacidade operacional, em tempo real via sinal de rádio ou internet, para computadores e ou aparelhos de celular, localizados distantes ou fora das áreas onde as operações agrícolas estão sendo realizadas.

3. PREPARO DO SOLO E IMPORTÂNCIA DAS REGULAGENS DOS IMPLEMENTOS

O preparo do solo é uma das mais importantes etapas de um processo de produção agrícola. Mesmo em plantio direto, essa prática é realizada no momento inicial da implantação do sistema e deve ser bem realizada para assegurando sustentabilidade do sistema ao longo dos anos.

O preparo do solo tem como objetivo primordial assegurar condições ótimas ao desenvolvimento das sementes ou plântulas e nivelar o terreno para que as demais operações agrícolas mecanizadas possam ser realizadas sem que haja obstáculos que as prejudique. Além disso, o preparo tem como objetivo melhorar a infiltração de água no solo, aumentar a aeração e a porosidade, reduzir a compactação e ou adensamento em camadas mais superficiais e facilitar a emissão de radícula pelas sementes.

Em sistemas convencionais de cultivo, o preparo do solo é realizado através de arações e gradagens, com um número sequencial de “passadas” dos implementos na área. Nas arações, os implementos mais utilizados são os arados de discos, que cortam, elevam e invertem a leiva, fazendo o revolvimento do solo. Uma aração realizada de forma eficiente é capaz de fragmentar o solo em um grande número de pequenos torrões, facilitando o trabalho complementar das grades. As grades são utilizadas no preparo secundário do solo e tem a função de complementar o serviço do arado, fazendo o destorroamento e nivelamento do terreno. De acordo com a necessidade, podem ser utilizadas grades aradoras (pesadas e com todos os discos de todas as seções recortados), grades destorroadora-niveladoras (grades médias com

os discos da seção dianteira recortados e os da seção traseira lisos) ou grades niveladoras (grades leves, como todos os discos de todas as seções lisos). A escolha da grade deve ser feita a partir da necessidade de cada tipo de cultivo e área e muito em função da qualidade da operação de aração.

Para que o preparo seja bem realizado e todas os objetivos sejam atingidos, são necessários alguns cuidados básicos antes do início das operações. Esses cuidados vão desde a observação da condição de umidade do solo (a qual deve estar próxima da friabilidade), passando pela escolha da velocidade de operação, até questões relacionadas à regulagem dos implementos.

Em trabalho com preparo de solo em área a ser cultivada com pastagem, Coelho et al. (2014) avaliaram a influência da velocidade de deslocamento do conjunto trator-arado sobre a rugosidade e o perfil de mobilização do solo. A rugosidade superficial não apresentou diferenças significativas em relação a velocidade de aração, entretanto a modificação de rugosidade foi maior para a velocidade superior (Figura 2).

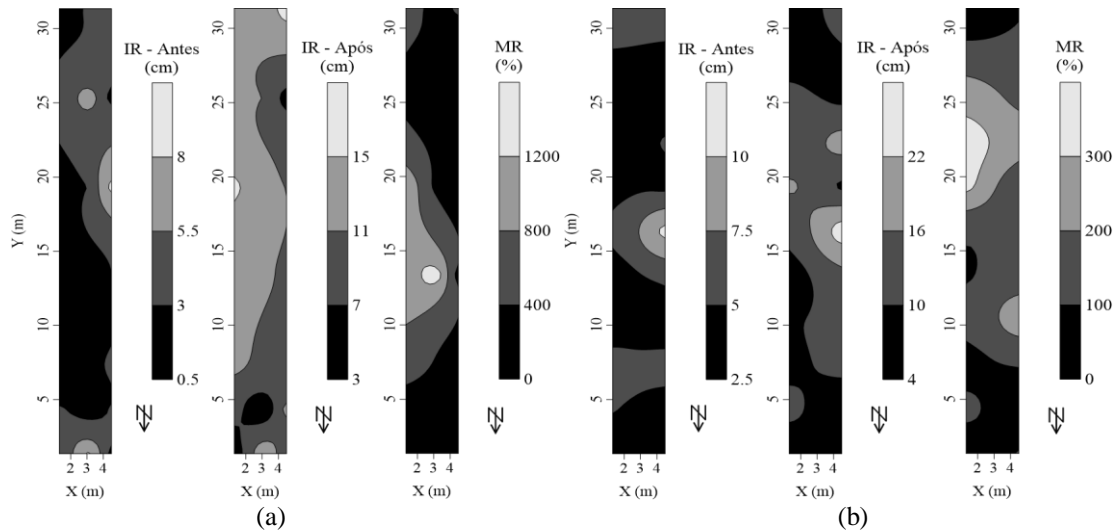


Figura 2 – Mapas temáticos do índice de rugosidade (IR) antes e após o preparo do solo e da modificação da rugosidade (MR) para a velocidade de trabalho de $3,41 \text{ km.h}^{-1}$ (a) e $2,12 \text{ km.h}^{-1}$.

Estabelecida a velocidade ideal de trabalho, passa-se às etapas de regulagens das máquinas. No caso dos arados o número de regulagens é maior e as atenções também devem ser. Arados mal regulados não são capazes de cortar o solo na profundidade desejada e invertem mal a leiva, prejudicando a eficácia da operação. Para arados com corpos múltiplos, ausência ou regulagens mal feitas não asseguram uniformidade da profundidade de corte, com discos penetrando a profundidades distintas.

As principais regulagens para arados de disco são: bitola do trator, acoplamento, alinhamento do centro de resistência, nivelamento e largura de corte, profundidade de aração, roda-guia e ângulos dos discos. O acoplamento dos arados ao trator, em equipamentos montados, é realizado através do sistema hidráulico de levantamento e deve seguir a seguinte sequência: braço inferior esquerdo ou primeiro ponto, braço superior ou terceiro ponto e braço inferior direito ou segundo ponto. Essa sequência assegura, independentemente do tipo de trator, que o acoplamento seja possível ou simplificado haja vista que, em alguns modelos (ainda) somente o braço inferior esquerdo possui manivela reguladora.

O alinhamento do centro de resistência, também chamado de centralização (Figura 3), tem a finalidade de posicionar a resultante das forças resistentes do implemento sobre a linha de tração do trator, evitando esforços que causem deslocamentos laterais no trator, desviando-o da linha de aração.

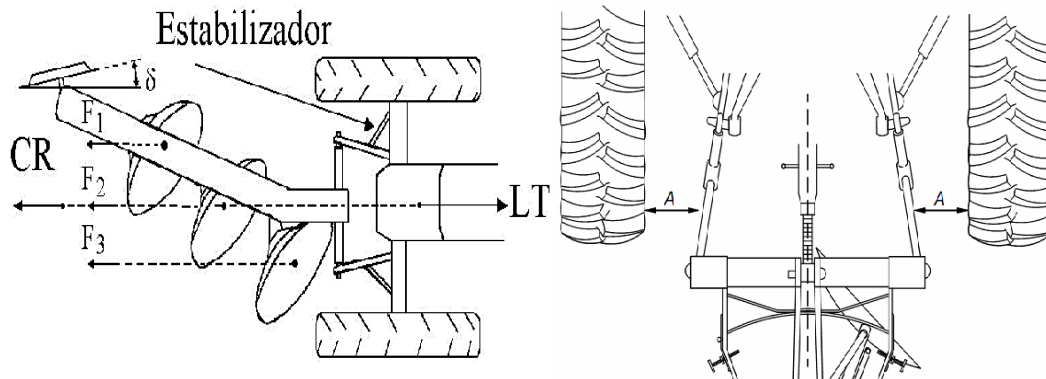


Figura 3 – Esquema de centralização dos arados, destacando as barras estabilizadoras, o centro de resistência (CR) e a linha do trator (LT).

Os nivelamentos são outro tipo de regulagem importante para os arados e devem ser realizados no sentido da largura (transversal) e no sentido do comprimento (longitudinal) do implemento. O nivelamento longitudinal e transversal do corpo do arado faz com que todos os discos cortem à mesma profundidade. O nivelamento longitudinal é feito atuando-se sobre o terceiro ponto do sistema hidráulico de levantamento alterando o comprimento da luva telescópica, fazendo com que todos os discos toquem o solo ao mesmo tempo. Essa regulagem deve ser realizada em superfície plana.

O nivelamento transversal é feito no sentido da largura de corte do arado e deve ser realizado de forma diferente para arados fixos e reversíveis. No caso de arados reversíveis, faz-se com que o arado fique nivelado horizontalmente. Para arados fixos o eixo transversal do arado deve ficar paralelo ao solo, enquanto o trator trabalha no plano inclinado, haja vista que as rodas de um dos lados (geralmente direito) trabalham dentro do sulco de aração aberto na passada anterior (Figura 4). Independentemente do tipo de arado, o nivelamento é realizado através da manivela niveladora existente no braço inferior direito do sistema hidráulico de levantamento.

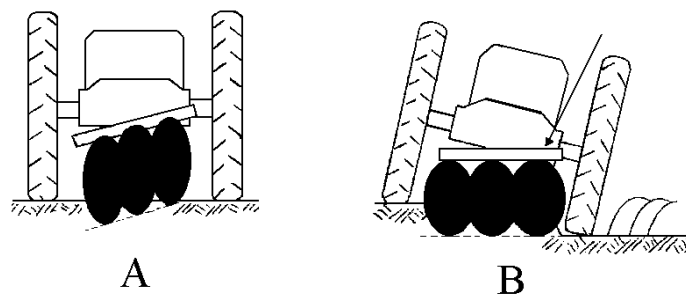


Figura 4 – Esquema de nivelamento transversal de arados e a relação com o plano de referência de deslocamento do trator.

A profundidade de aração pode ser regulada a partir de ajustes da angulação vertical dos discos de corte e ou pela pressão exercida na mola da roda guia. A roda guia é um acessório importante para arados de discos pois além de controlar a profundidade de aração, ela absorve os empuxos laterais,

proporcionando estabilidade ao conjunto mecanizado. Maiores pressões na roda guia, menores profundidades de aração, sendo o inverso verdadeiro.

Para as regulagens de ângulos dos discos, essas estão restritas a ângulos verticais e horizontais. Os ângulos verticais estão relacionados com a profundidade de corte, enquanto que os horizontais determinam a largura de corte dos arados. Maiores ângulos verticais e horizontais resultam em menores profundidades de corte e maiores larguras de corte, respectivamente (Figura 5).

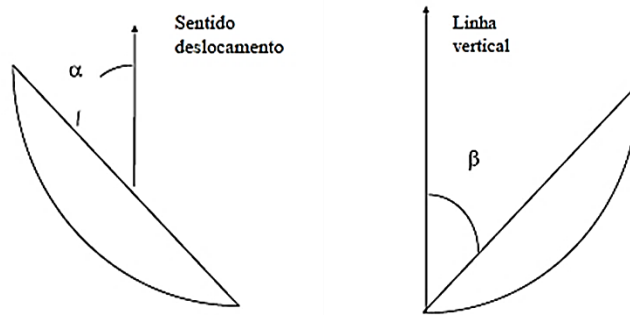


Figura 5 – Esquema de representação dos ângulos horizontais (α) e verticais (β) dos discos de arados.

Concluída a etapa de aração, passasse às gradagens. A grade está envolvida no preparo secundário do solo e, conforme já comentado anteriormente, tem a função de complementar o serviço realizado pelos arados, destorroando e nivelando o solo. No que diz respeito às regulagens das grades, essas são menos decisivas para o sucesso da operação, haja vista que estes implementos apresentam maiores restrições quanto a modificações. Os principais ajustes se restringem às bitolas do trator e engate da grade ao trator.

Diferentemente do observado para os arados, é recomendado que a bitola do trator seja inferior à largura de corte da grade. No caso do engate ao sistema hidráulico de levantamento, é necessário adequar corretamente o terceiro ponto com o orifício correspondente na viga C do trator para que a pressão do sistema hidráulico auxilie na operação. É válido ressaltar que, como as grades tem a profundidade relacionada diretamente com sua massa, é importante considerar essa afirmação no ato da seleção e aquisição de uma.

Em linhas gerais, por se trabalhar diretamente sobre o solo, alterando sua estrutura, a regulagem dos implementos deve ser feita de forma correta, evitando comprometimentos sobre a estrutura do solo, conduzindo-o a limitações produtivas.

4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Nos últimos anos, o surgimento de novas pragas, doenças e plantas indesejáveis em cultivos agrícolas e florestais fez com que a demanda na utilização de defensivos agrícolas aumentasse, entretanto a crescente mobilização da sociedade em relação a poluição do meio ambiente, faz com que haja um uso racional de tecnologias mais acuradas na aplicação. Partindo desse pressuposto, a tecnologia de aplicação está relacionada a três principais objetivos: a) inserir a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo,

visando a viabilidade econômica; b) alto índice de uniformidade na aplicação, e; c) promover o mínimo possível de contaminação de outras áreas dentro do contexto mais amplo do manejo integrado.

A correta escolha da tecnologia de aplicação possibilita geralmente uma pulverização mais eficiente, a qual prioriza a utilização de pontas que promovam um tamanho adequado e maior uniformização do espectro de gotas, além de uma distribuição mais homogênea. Tais questões são importantes para assegurar completa cobertura do alvo, permitindo o efetivo controle e ou erradicação do problema.

Em pulverizações com deficiências tecnológicas, um dos principais problemas é a perda de defensivos. As perdas geralmente estão associadas a processos de deriva, ocasionadas por ventos, baixa umidade do ar e velocidade excessiva do pulverizador, sendo que a deriva de herbicidas além de provocarem grande desperdício, podem implicar em intoxicações que reduzam a produtividade da cultura. Nos tratamentos em campo aberto, deve-se assegurar que a deriva e, em menor escala, a evaporação de calda não seja tão grande que transporte produto para fora da área alvo.

Alguns fatores como as características do ambiente, condições climáticas, tecnologia de aplicação e propriedades físico-químicas dos compostos, influenciam a qualidade da operação (SCHAMPHELEIRE et al., 2008). Esses fatores são cruciais, principalmente na área florestal em talhões para reversão, onde se busca a erradicação das brotações do ciclo anterior, no qual ocorrem geralmente, mais de uma aplicação devido a características fisiológicas dos brotos que impedem a movimentação parcial ou total das soluções.

Outro fator muito importante que pode comprometer a qualidade de aplicação de produtos fitossanitários, é a escolha do pulverizador. Os pulverizadores são máquinas aplicadoras de defensivos que utilizam a pressão na subdivisão do líquido em gotas e podem ser classificados quanto ao seu acionamento (manual, motorizados, tratorizados ou autopropelidos) e quanto à forma de fracionamento do líquido (hidráulicos, pneumáticos, hidropneumáticos, centrífugos, térmicos e eletrostáticos).

Em relação à tecnologia de aplicação, a escolha ideal das pontas de pulverização é um dos principais quesitos para se obter uma aplicação eficiente, além de representar uma das possibilidades para redução da deriva (FERREIRA et al., 2010). Outro fator importante na escolha correta dessas pontas é o espaçamento entre elas, influenciando a uniformidade de distribuição do volume de calda no alvo desejado.

As pontas de pulverização mais recomendadas para aplicação de herbicidas sistêmicos são as de jato plano (MINGUELA; CUNHA, 2010). Entre as diversas pontas, atualmente as que vêm sendo mais utilizadas no setor florestal são as com indução de ar. Elas permitem a formação de gotas de maior tamanho com pequenas bolhas de ar em seu interior (Venturi) para aumentar a velocidade do líquido e succionar o ar pelas aberturas laterais (NUYTTENS et al., 2007).

Além da tecnologia adotada, fatores relacionados ao clima no momento da aplicação são fundamentais para o sucesso da operação. Condições climáticas, como: elevada velocidade de vento, altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar são alguns dos aspectos que mais contribuem para o insucesso da aplicação, ou seja, é importante que a aplicação seja realizada em condições meteorológicas ideais. Dentre essas condições, as consideradas mais adequadas para a realização da pulverização são citadas na literatura,

sendo caracterizadas por umidades relativas maiores que 55 %, velocidade de vento variando de 2 a 10 km.h⁻¹ e temperaturas entre 15 e 30 °C (MINGUELA; CUNHA, 2010).

Para avaliar a qualidade de aplicação em defensivos agrícolas, tem se atribuído responsabilidade ao espectro de gotas produzido pelas pontas de pulverização (TIBÚRCIO, 2014). De acordo com este autor, os parâmetros de maior importância na determinação do conjunto de gotas são a amplitude relativa (Span), porcentagem de gotas com diâmetros inferiores a 100 µm (<100) e o diâmetro da mediana volumétrica (DMV).

Medauar et al. (2018a) avaliando os parâmetros relacionados à qualidade da pulverização em diferentes tratamentos (T01, T02 e T03) para erradicação de brotações de eucalipto, observaram pelo teste de média (Tabela 1) que as variáveis de diâmetro volumétrico (DMV, D¹⁰) (µm) e densidade de gotas (DSG) (gotas cm⁻²) apresentaram diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 1. Teste de média entre os T01, T02 e T03 das variáveis que apresentaram F significativo ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Medauar et al. (2018a).

TRATAMENTO	DMV	D ¹⁰	NG	DSG	VCD
T01	963,4a	505,8a	270,7a	0,56a	50,9a
T02	827,3ab	448,7ab	157,1a	1,11ab	76,9a
T03	746,2b	396,9b	198,5a	1,56b	81,4a

T01 – Herbicida sistêmico; T02 – Herbicida sistêmico + Fertilizante Foliar; T03 – Herbicida sistêmico + Fertilizante Foliar + Herbicida de contato; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Outro fator essencial na qualidade de aplicação de defensivos agrícolas é a pressão de trabalho. Cunha et al. (2007), constataram por meio de um analisador de gotas a laser, que o diâmetro de gotas reduziu com o aumento da pressão. Por outro lado, Costa et al. (2007) observaram que a diminuição na pressão pode servir como parâmetro no controle da deriva.

Entre os métodos de avaliação da qualidade da aplicação de defensivos, o uso de etiquetas hidrossensíveis ainda é o mais comum. Essas etiquetas apresentam, em uma de suas faces, a substância bromofenol, que em contato com a água, se ioniza, tornando o local do contato de coloração azul (BAESSO et al., 2014). Essa coloração contrasta com o amarelo, que é a cor de fundo do papel, permitindo, assim, a caracterização do tamanho e formato das gotas depositadas na etiqueta (TIBÚRCIO, 2014). O estudo do espectro de gotas aliado a essa metodologia citada, permite adequar o tamanho das gotas às condições locais do ambiente, garantindo, assim, uma aplicação eficiente de produtos químicos.

Medauar et al. (2018a) avaliaram, por processamento de imagens de etiquetas hidrossensíveis, o espectro populacional de gotas após capina química em brotações de eucalipto. Essas etiquetas hidrossensíveis foram posicionados antes da pulverização em seis brotações de cada tratamento em três altura do dossel (terço inferior, terço médio e terço superior), conforme Figura 6. De acordo com esses autores, as etiquetas instaladas no terço médio foram as que apresentaram os melhores resultados para as variáveis que influenciam o estudo do espectro de gotas.

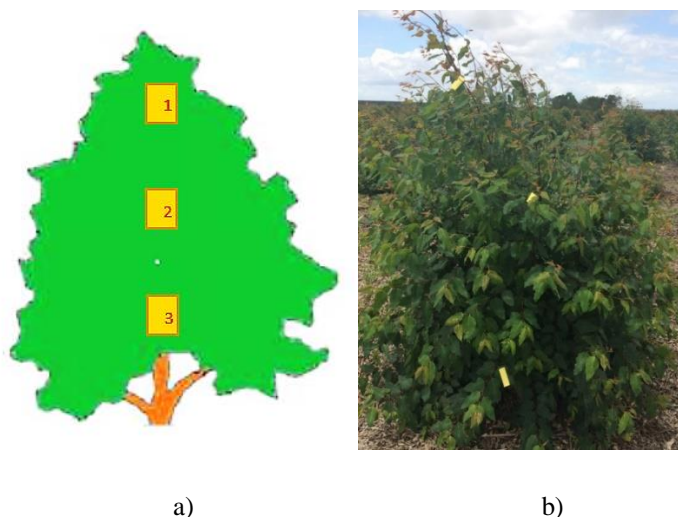


Figura 6. Esquema ilustrativo do posicionamento, em três alturas do dossel, das etiquetas hidrossensíveis (a) e instalação das mesmas no campo antes da pulverização (b).

O sucesso da qualidade da pulverização além de depender de fatores como ação comprovada do produto, é dependente de diversos parâmetros da tecnologia de aplicação, como: tipo de pulverizador, procedimentos operacionais, momento correto da aplicação, ajuste do volume de calda, condições ambientais, devendo sempre levar em consideração as recomendações de cada produto. Diante desta amplitude de fatores que comprometem a aplicação, o método da análise de imagens de etiquetas hidrossensíveis permite a avaliação qualitativa e espacial do espectro populacional de gotas para a tecnologia de aplicação.

5. VANT NA AVALIAÇÃO DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS E FLORESTAIS MECANIZADAS

Nos últimos anos, técnicas de sensoriamento remoto (SR) foram validadas e tem grande aplicabilidade na área agrícola dentro do conceito de agricultura de precisão, porém a falta de mão de obra qualificada ainda limita o uso por parte dos usuários. Uma grande limitação do SR através de sensores passivos orbitais são as nuvens e a baixa periodicidade na aquisição das imagens. Neste cenário, é que estão inseridos os veículos aéreos não tripulados (VANT), os quais possuem uma grande importância em viabilizar a aplicação destas técnicas no manejo de culturas agrícolas e florestais com um maior nível de detalhamento acerca das informações de interesse.

Os VANT são capazes de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, e podem ser divididos em duas categorias: remotamente pilotados (VRP) e autônomos (VA), de acordo com o sistema de realização do voo (FARIA; COSTA, 2015). Por meio dos VRP são realizados voos com auxílio de um operador e um controle remoto, já o VA são operados por programas de voo a partir de uma estação remota (MELO, 2016).

Atualmente, o uso de VANT vem sendo aplicado em diversas finalidades, as quais incluem, desde o uso próprio sobrevoando regiões com o objetivo de fotografar em alta resolução as paisagens, até a identificação de melhorias no meio urbano. Apesar da amplitude de aplicações, o principal uso desse veículo vem sendo no monitoramento de culturas agrícolas e florestais, auxiliando em intervenções localizadas nas propriedades rurais.

Diversos motivos têm tornado o uso de VANT como uma ferramenta essencial para a agricultura e silvicultura, podendo citar principalmente a capacidade de visualizar regiões e ambientes fora do alcance de seres humanos, através de imagens de alta resolução, proporcionando dessa forma, um grande detalhamento das informações de interesse. Em relação à tecnologia adotada nos VANT, a sua principal característica é a capacidade de automação que poderá gerar uma comunicação com o seu operador a partir de instrumentos acoplados a ele, como por exemplo: informações sobre velocidade, altitude, localização via GNSS, fotografias e vídeos (FARIA; COSTA, 2015).

Dentre as diversas formas de utilização dos sensores embarcados (câmeras RGB, multiespectrais e hiperespectrais) nos VANT, destaca-se seu uso na agricultura. As imagens feitas com esses veículos em áreas agrícolas permitem gerar mapas topográficos e mapas em 3D com precisão (SHIRATSUCHI, 2014) e, principalmente, diagnosticar, em qualquer período de tempo, as condições gerais do plantio, como: estado de desenvolvimento fenológico da cultura, plantas daninhas, nível de degradação do solo, uniformidade do plantio, entre outros. No caso de mapeamentos, informações sobre a interação da vegetação com a radiação eletromagnética são importantes, pois permitem avaliar a variabilidade de um determinado plantio a nível de vigor vegetativo.

Gómez-Candon et al. (2014) realizaram um estudo em duas lavouras de trigo infestadas por plantas daninhas de folhas largas e gramíneas através de imagens obtidas por VANT. Os autores concluíram que um VANT voando a uma distância de 30 a 100 m de altitude e com um número moderado de pontos de controle é capaz de gerar alta resolução espacial nas imagens com a precisão de georreferenciamento necessária para mapear o trigo em um estágio fenológico inicial.

Outra grande utilização dos VANT, vem sendo em segmentos silviculturais, principalmente na cultura do eucalipto. Uma das aplicações atualmente importante é na realização de inventário de sobrevivência pós-plantio (ARAÚJO et al., 2006). Os últimos resultados em campo com a obtenção de imagens através dos VANTs, demonstram que muitas empresas florestais já substituíram os métodos tradicionais das avaliações de sobrevivência de plantas de eucalipto, sem qualquer prejuízo, no que se diz respeito à assertividade das informações geradas (GALIZIA et al., 2016). Além disso, com o uso dessa tecnologia, problemas como a periodicidade de obtenção de dados são menores, quando comparados as imagens de alguns satélites, conforme destacado por Anderson e Gaston (2013).

Apesar do uso recorrente de VANT no monitoramento de sobrevivência de florestas de eucalipto conforme destacado por Ruza et al. (2017), é importante informar que as operações silviculturais são muito amplas e diversos produtos ainda estão em desenvolvimento. Um desses produtos é atribuir ao VANT a função de avaliar a eficiência da aplicação de defensivos na erradicação de brotações em áreas de reforma florestal. A aplicação deste equipamento nessa atividade, permite uma maior cobertura amostral, onde a identificação das brotações pode ser realizada por algoritmos que quantifiquem

posteriormente o vigor dos brotos, de forma a reduzir os erros amostrais (GALIZIA et al., 2016; MEDAUAR et al., 2018b).

No cenário florestal, a inserção desses veículos associados a técnicas de processamento de imagens tem sido foco de muitas pesquisas (HUNT et al., 2010; LALIBERTE et al., 2011; MEDAUAR et al., 2018b), principalmente em relação a índices de vegetação que são parâmetros obtidos a partir de manipulação matemática de medidas da reflectância espectral que podem ser aplicadas em diversas finalidades.

Medauar et al. (2018b), utilizando sensor multiespectral embarcado em VANT, avaliaram em talhões de reforma florestal a eficácia da erradicação de brotações de eucalipto por controle químico, permitindo identificar, visualmente, o comportamento das plantas através do cálculo do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) (Figura 7). De acordo com esses autores, esse estudo apresentou uma alternativa viável e inovadora para a avaliação da eficiência de aplicação de herbicidas em área silvicultural, contribuindo diretamente para o processo produtivo das florestas com uma nova ferramenta para o gerenciamento.



Figura 7 – Mapa de NDVI de um talhão no período de pré-aplicação. Fonte: Medauar et al. (2018b)

6. COLHEITA MECANIZADA DE CAFÉ ARÁBICA

A cafeicultura atual tem buscado aliar grandes níveis tecnológicos com a redução de custos e principalmente a diminuição da sua ação degradante. Boa proporção de tal modernização está refletida na expansão das operações motomecanizadas, antes exclusividade de outras culturas agrícolas, principalmente de grãos cultivados em regiões de topografia plana. No caso específico da cafeicultura, as operações de cultivo são as que registram maior índice de mecanização, entretanto, é na colheita que se encontra o maior potencial para crescimento da utilização de máquinas (SILVA et al., 2006).

A colheita é a última e talvez a mais delicada etapa de campo do processo produtivo e requer cuidado especial, pois qualquer fator que venha interferir de forma negativa nesta etapa, como por exemplo, as regulagens da máquina, a seleção da variedade, população de plantas, ocorrência de plantas daninhas, teor de umidade dos grãos e o preparo e conservação do solo, podem pôr em risco a rentabilidade do produtor e neste contexto, as perdas são de vital importância (MORAES et al., 1996).

A elevação da mecanização na colheita, entre outros fatores, se deve ao fato dessa etapa ser, dentre as operações de cultivo, a mais complexa e a que apresenta maior demanda de mão-de-obra e, conseqüentemente, eleva significativamente o custo da produção, assomando-se como o principal limitante para a exploração da cultura (MATIELLO et al., 2006). Ortega e Mouro (2007), afirmam que o custo da colheita mecanizada de café é menor que o da colheita manual, mesmo imputando neste, o ônus da aquisição da máquina. Segundo esses autores o maior impacto da redução de custo desse sistema advém da redução do volume de trabalhadores envolvidos na colheita, no entanto, devido a algumas limitações do sistema, principalmente de ordem operacional, o faz, ainda dependente de mão-de-obra, seja para operar as colhedoras, seja na manutenção e, principalmente em operações de repasse manual a fim de colher os grãos não desprendidos durante a passada da máquina. A colheita mecanizada produz duas situações opostas no que diz respeito à mão-de-obra, ou seja, se de um lado reduz-se o número de trabalhadores pouco qualificados, de outro, introduzem-se novos trabalhadores, mais qualificados (Garlipp, 1999).

A utilização de máquinas para a colheita do café é uma iniciativa que está se difundindo rapidamente nas várias regiões produtoras, principalmente naquelas em que as lavouras e o terreno apresentam condições favoráveis para a sua utilização. Além disso, a mecanização está sendo adotada nas diversas etapas da colheita sendo que as derriçadoras do tipo pneumáticas e portáteis, e as colhedoras tradicionais e automotrizes, tem sido as principais máquinas utilizadas na colheita do café (Souza, 2009).

Apesar dessas inúmeras vantagens da utilização de sistemas mecanizados para a colheita do café, nem todas as propriedades e fazendas estão aptas para a implementação desses sistemas. Sua indicação é limitada a propriedades com topografia plana ou levemente ondulada, em lavouras com espaçamento largo uma vez que o adensamento resulta em espaço reduzido para a entrada e deslocamento das máquinas. Outros fatores como a dimensão e uniformidade da lavoura e altura das plantas, influem significativamente na mecanização da colheita de café em muitos casos inviabilizando a operação (Souza, 2009).

A colheita mecanizada, em linhas gerais, pode ajudar a cafeicultura não só na otimização do manejo, mas também na melhoria da qualidade de vida dos agricultores, permitindo, em sistemas equilibrados, reduzir custos e aumentar a lucratividade, elevando, principalmente a eficiência da colheita. Entretanto, o sucesso da colheita mecanizada de café é resultado de um longo e intenso período de estudos, experimentação e pesquisas de campo, os quais estão refletidos nos benefícios obtidos pelos produtores que adotam o sistema, como aumento da capacidade produtiva e desenvolvimento da produção (Silva e Salvador, 1998).

Atualmente existem diversos modelos de máquinas destinadas à colheita de café, as quais executam operações específicas ou múltiplas. Morrissey (2008) afirma que o café já vem sendo colhido mecanicamente a mais de 20 anos, e, embora existam diversos tipos diferentes de máquinas, de forma

geral, os sistemas utilizados na colheita são basicamente os mesmos, com semelhança inclusive no desenho e com os mesmos componentes.

No que diz respeito às colhedoras automotrizes, quase todas operam com um motor diesel, responsáveis pelo deslocamento da máquina e pelo acionamento de bombas hidráulicas e pequenos motores hidráulicos. Esse sistema faz girar e vibra os mecanismos de colheita, correr esteiras, batedores, ventiladores de limpeza. Permitem também o ajuste de altura, direção e demais unidades volantes (Morrissey, 2008).

Dentre as máquinas mais utilizadas na colheita mecanizada do café encontram-se as colhedoras automotrizes e as derriçadoras, sendo que o mercado se encontra, praticamente, dividido entre as grandes empresas do ramo de mecanização agrícola. Estudos isolados de universidades e centros de pesquisa têm sido realizados a fim de se desenvolver sistemas mais simples e acessíveis aos mais diversos produtores.

DERRIÇADORAS TRATORIZADAS

As derriçadoras tratorizadas são dotadas de sistema de colheita muito semelhante ou idêntico ao que equipam as colhedoras automotrizes, ou seja, operam com cilindros constituídos de hastes vibratórias, diferindo dessas pela forma de acionamento, uma vez que necessitam de um trator para tracioná-las (Figura 8). Como um implemento agrícola, estas são acopladas ao sistema de levantamento hidráulico do trator, sendo acionadas pela tomada de potência.



Figura 8 – Derriçadora tratorizada KTR Advance. Fonte: Jacto (2010) e Oliveira (2006).

Essas derriçadoras podem ser cabinadas ou não e, em linhas gerais, são dotadas de bica com descarga angular (variação de 0 a 90°), sistema hidráulico para nivelamento da máquina que, além de nivelá-la de acordo com a declividade do terreno, permite regular a sua altura adequando-a à altura do cafeeiro. Tais máquinas são acionadas pela TDP (geralmente a 540 rpm) exigindo trator com potência mínima em torno de 70 CV. A colheita é realizada por cilindros laterais (geralmente dois) dotados de um conjunto de hastes vibratórias que atuam na planta causando, assim, a queda dos grãos. Na extremidade inferior, possui lâminas retráteis que fecham o espaço sob a saia do cafeeiro, coletando os grãos, que são depositados em uma esteira, onde é feita a primeira separação e folhas e galhos maiores. Através de um processo de ventilação as demais impurezas são separadas.

Derriçadoras tratorizadas operam a velocidades médias entre 0,4 a 2,0 km.h⁻¹ tracionada nas linhas das plantas as quais devem possuir espaçamento mínimo superior ou igual a 3,5m. Apesar do melhor

desempenho em áreas planas, essas máquinas podem operar em terrenos com declividade de até 10 %, com desempenho operacional que pode alcançar 0,7 ha.h⁻¹.

Oliveira (2006), estudando o desempenho operacional da derriçadora KTR Advance operando com diferentes velocidades e vibrações, observou que a eficiência de colheita é maior quando esta opera com velocidade de 1 km.h⁻¹ e vibração de 15,00 Hz. Apesar da melhor eficiência encontrada em baixa velocidade e rotação mediana, Alves et al. (2009) afirma que velocidades baixas e rotações elevadas do rotor dessa derriçadora contribuem para o aumento da queda de folhas.

DERRIÇADORAS AUTOMOTRIZES

As colhedoras automotrizes são dotadas de sistema completo de acionamento próprio, dispensando a presença de um trator para promover seu tracionamento e acionamento (Figura 9). Essas máquinas geralmente são 4x4, com potência iguais ou superiores a 70 cv. Igualmente às tratorizadas, são dotadas de sistema hidráulico para nivelamento, o qual pode ser realizado em função da altura do cafeeiro, ou acompanhando a disposição das plantas e a característica do terreno.



Figura 9 – Colhedora automotriz Case Coffee Express 200. Fonte: Case Agriculture (2018).

Devido ao seu mecanismo independente de deslocamento (motor de combustão interna do ciclo diesel de 4 cilindros) apresenta elevada mobilidade. Alguns modelos são dotados de quatro motores hidráulicos (um em cada roda) permitindo sua utilização em terrenos com as mais diversas características como solos irrigados por pivô central, arenosos e acidentados.

A colheita nesses modelos é feita através de hastes vibratórias, em sistemas semelhantes aos das tratorizadas. O renque de café passa por dentro da máquina, entre eixos com hastes que vibram numa frequência de aproximadamente 1000 ciclos por minuto. Essas hastes derriçam os grãos coletados em lâminas retráteis que fecham os espaços sob a saia das plantas. O material colhido é conduzido até o sistema de limpeza, onde as impurezas são separadas, geralmente, por ventilação. Após limpos, os frutos podem ser, em alguns modelos ensacados e retirados por operadores auxiliares ou descarregados a granel através de bica de descarga em carretas tracionadas que se deslocam em linhas paralelas.

Igualmente ao observado para as derriçadoras tratorizadas, as velocidades médias operacionais ficam entre 0,4 a 2,0 km.h⁻¹ e o espaçamento entre plantas deve ser superior ou igual a 3,5m, apresentando um rendimento de colheita de até 150 sacos de 60 kg.h⁻¹, ou seja, 9 Mg.h⁻¹.

Diversas são as máquinas disponíveis para a colheita mecânica do café, no entanto, a seleção da colhedora e ou derriçadora deve levar em consideração parâmetros que vão desde a análise econômica do

sistema produtivo, uma vez que o investimento inicial é alto, até parâmetros relativos às máquinas como potência, tamanho, flexibilidade, assistência técnica, entre outros, sempre buscando atender à necessidade e características das áreas onde esta será utilizada e as características das lavouras que serão colhidas. Fica evidente que a utilização da colheita mecanizada do café, além de uma realidade é também uma necessidade, principalmente nos tempos atuais, onde a mão-de-obra é um grave problema enfrentado no campo, no entanto, se evidencia também a escassez de estudos que validem, ou não, as especificações que os fabricantes atribuem às suas máquinas, de forma a oferecer aos consumidores, informações idôneas para que estes possam fazer a seleção e utilização correta das mesmas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução dos processos tecnológicos operacionais na agricultura e silvicultura vem de encontro com a expansão da mecanização que está alicerçada sobre a AP. A inserção das ferramentas de AP embarcada em máquinas ou implementos tem auxiliado diretamente no modelo de gerenciamento das propriedades rurais, aumentando a capacidade operacional dos conjuntos mecanizados, bem como, reduzindo o desperdício de insumos provenientes de intervenções localizadas.

A modernização dos conjuntos mecanizados através de equipamentos e ferramentas de AP tem influenciado positivamente os campos de produção. As estimativas em tempo real das condições das lavouras têm promovido uma tomada de decisão mais rápida, considerando a variabilidade espaço-temporal de atributos que controlam a produtividade das lavouras, aumentando dessa forma a confiabilidade e eficiência das atividades operacionais.

É válido ressaltar que, mesmo com os avanços em eletrônica e com a inserção no mercado, de máquinas precisas e implementos multifuncionais e automatizados ou autônomos, algumas práticas tradicionais não podem ser negligenciadas. Regulagens mal feitas ou inexistentes podem comprometer as operações agrícolas mecanizadas, mesmo para equipamentos com elevada tecnologia embarcada.

A mecanização agrícola continuará, por um longo período de tempo, sendo capaz de modificar positivamente a realidade do campo. Associada a técnicas e ferramentas de AP permitirá que a agricultura brasileira siga em constante evolução, assegurando, caso seja utilizada corretamente, elevados índices de produtividade com sustentabilidade ambiental.

8. REFERÊNCIAS

ANDERSON, K.; GASTON, K. J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 11, n. 3, p. 138-146, 2013.

- ARAÚJO, M. A.; CHAVIER, F.; DOMINGOS, J. L. Avaliação do Potencial de Produtos Derivados de Aeronaves Não Tripuladas na Atividade Florestal Assessment of Potential From Products of Unmanned Airbone Vehicle Use in Forestry Activities. **Ambiência**, v. 2, n. 3, p. 69-82, 2006.
- BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A; BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 780–785, 2014.
- CASE – Case Agriculture. **Colhedoras de Café Coffee Express**. Disponível em: <www.caseih.com/.../Coffee-Express-100.../Colheitadora%20de%20Cafe%20Folheto.pdf> Acesso em: 28 de julho de 2018.
- COELHO, J. S.; SILVA, S. A.; SANTOS, R. O.; CARVALHO, P. S. M. Perfil de mobilização de um solo arenoso em função da velocidade de aração. **In: II Reunião Nordestina de Ciência do Solo e III Seminário Baiano de Solo, Ilhéus-BA**, p. 1-3, 2014.
- COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; SILVA, F. M. L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio *laser*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 27, p. 10-15, 2007.
- FARIA, R. R.; COSTA, M. E. A Inserção Dos Veículos Aéreos Não Tripuláveis (Drones) Como Tecnologia De Monitoramento No Combate Ao Dano Ambiental. **Revista Ordem Pública e Defesa Social**, v. 8, n. 1, 2015.
- FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, F. A.; TUFFI SANTOS, L. D. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2010. 140 p.
- GALIZIA, L. F. C.; RAMIRO, G. A.; ROSA, C. J. C. Qualidade das atividades silviculturais e silvicultura de precisão. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 24, n. 45, 2016.
- GARLIPP, A.A.B.P. **Mecanização e emprego rural**: os casos do café e da cana-deaçúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG 1999, 131f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, 1999.
- GÓMEZ-CANDÓN, D.; CASTRO, A. I.; LÓPEZ-GRANADOS, F. Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. **Precision Agriculture**, v. 15, n. 1, p. 44-56, 2014.
- HUNT, E. R. Jr.; HIVELY, W. D.; FUJIKAWA, S. J.; LINDEN, D. S., DAUGHTRY, C. S. T., MCCARTY, G. W. Acquisition of NIR-Green-Blue Digital Photographs from Unmanned Aircraft for Crop Monitoring. **Remote Sensing**, v. 2, n. 1, p. 290-305, 2010.
- JACTO – **Jacto Máquinas Agrícolas S.A.** Disponível em: <<http://www.jacto.com.br/portugues.html>> Acesso em: 28 de julho de 2010.

- LALIBERTE, A. S.; GOFORTH, M. A.; STEELE, C. M.; RANGO, A. Multispectral Remote Sensing from Unmanned Aircraft: Image Processing Workflows and Applications for Rangeland Environments. **Remote Sensing**, v. 3, n.11, p. 2529-2551, 2011.
- MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura do café no Brasil** - Novo Manual de Recomendações. Varginha-MG: Gráfica e Editora Bom Pastor, 2006. 438p.
- MEDAUAR, C. C.; SILVA, S. A.; CARVALHO, L. C. C.; TIBURCIO, R. A. S.; LIMA, J. S. S. Espectro de Gotas e distribuição de calda herbicida associada a fertilizante foliar em áreas de reforma florestal. **Scientia Forestalis**. v. 46, 2018a.
- MEDAUAR, C. C.; SILVA, S. A.; CARVALHO, L. C. C.; TIBURCIO, R. A. S.; LIMA, J. S. S.; MEDAUAR, P. A. S. Monitoring of eucalyptus sprouts control using digital images obtained by unmanned aerial vehicle. **Journal of Sustainable Forestry**. v. 37, p. 739-752, 2018b.
- MELO, E. A. S. C. Desafios e oportunidades para a Silvicultura de Precisão: uma síntese do congresso brasileiro de agricultura de precisão de 2014. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 24, n. 45, 2016.
- MINGUELA, J.; CUNHA, J. P. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. 588 p.
- MORAES, M. L. B.; REIS, Â. V.; TOESCHER, C. F.; MACHADO, A. L. T. **Máquinas para colheita e processamento dos grãos**. Pelotas: UFPel, 1996.
- MORRISSEY, P. **Mechanical Harvesting & Harvesting Techniques**. Australian Coffee Design & Consultation 2008. Disponível em: <http://www.lovevintage.com.au/Mechanical_harvesting.htm> Acesso em 18 de julho de 2017.
- NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, London, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.
- OLIVEIRA, E. de. **Colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais**. 2006, 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, 2006.
- ORTEGA, A.C.; MOURO, M.C. Mecanização e emprego na cafeicultura do cerrado mineiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45, 2007, Londrina. **Anais...** Paraná: UEL, 2007. p. 1-21.
- RUZA, M. S.; DALLA CORTE, A. P.; HENTZ, A. M. K.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, C. A.; SCHOENINGER, E. R. Inventário de Sobrevivência de povoamento de Eucalyptus com uso de Redes Neurais Artificiais em Fotografias obtidas por VANTs. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 1, p. 83-88, 2017.
- SCHAMPHELEIRE, M.; NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; CORNELIS, W.; GABRIELS, D.; SPANOGHE, P. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, Bedford, v. 9, p. 1-12, 2008.

SCHIRATSUCHI, L. S. O avanço dos drones. **Revista DBO**, v. 33, n. 403, p. 20-25, 2014.

SILVA, F.M. da.; OLIVEIRA, E.; GUIMARÃES, R.J.; FIGUEIREDO, C.A.P. de.; SILVA, F.C. Desempenho operacional e econômico da derriça do café com uso da derriçadora lateral. **Coffee Science**, v. 1, n. 2, p. 119-125, 2006.

SILVA, F.M.; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira: colheita**.Lavras: UFLA/DEG, 1998. 55 p. (Boletim técnico).

SOUZA, J.C.S.**Determinação de perdas de frutos nos mecanismos recolhedor e transportador de colhedoras de café**. 2009, 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

TIBURCIO, R. A. S. **Desenvolvimento de pulverizador visando o controle de brotações na reforma de eucalipto**. 2014. 83 p. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAPÍTULO 6

CULTIVO DE HORTALIÇAS EM AMBIENTE PROTEGIDO

Fabio Luiz de Oliveira
Ariany das Graças Teixeira

1. INTRODUÇÃO

A ideia de se cultivar plantas para alimentação dentro de ambientes protegidos surgiu no Norte da Europa, para que as famílias ricas pudessem ter frutas e hortaliças frescas nos períodos de inverno, o que era impraticável em campo aberto, principalmente para plantas tropicais ou subtropicais, como as laranjas, que acabaram por originar o nome dado às estruturas da casa de vegetação da época, as *orangeries*.

Nessa época, o material utilizado para cobrir as casas de vegetação era o vidro, que tem a propriedade de reter a radiação infravermelha no interior da estrutura, promovendo aquecimento interno e criando um efeito estufa, por esse motivo as casas de vegetação também são conhecidas como *estufas*.

O sistema de cultivo dentro desses ambientes passou por transformações ao longo da história. A mais marcante ocorreu no início do século XX, quando a indústria petroquímica desenvolveu uma resina derivada do petróleo, pertencente ao grupo dos polímeros (moléculas muito grandes, com características especiais e variadas), que foi chamada de plástico (palavra de origem grega que significa aquilo que pode ser moldado). Essa versatilidade de moldagem, agregada a outros aspectos, fez com que a tecnologia fosse rapidamente adotada por diversos setores da economia, e a partir do final da segunda guerra mundial, passou a usar esse material em diferentes propostas de aplicação.

Logo, as casas de vegetação foram cobertas com o plástico, em substituição ao vidro, até então soberano. O primeiro a testar um filme de polietileno como cobertura de uma casa de vegetação foi o Professor Emery Myers Emmert, da University of Kentucky, em 1948, trazendo bons resultados para o sucesso do seu uso em atividades agrícolas.

Os estudos continuaram e com o surgimento do polietileno de baixa densidade obteve-se um efeito estufa amenizado, abrindo a possibilidade do cultivo dentro de casa de vegetação em condições tropicais e subtropicais. Assim, a aliança da versatilidade de uso e o menor custo do plástico impulsionaram-no fortemente a ocupar o lugar do vidro também no setor agrícola, contribuindo para o surgimento da Plasticultura.

2. A PLASTICULTURA

Cultivo de Hortaliças em Ambiente Protegido

O conceito de plasticultura é internacional e ainda muito discutido, pois há pessoas que reservam o termo apenas a cultivos integralmente desenvolvidos em ambientes estruturados (casa de vegetação, túneis e telados) com o plástico. No entanto, também pessoas que defendem um conceito mais amplo, que significa o uso do plástico para modificação do ambiente na Agricultura, surgindo assim o conceito do “cultivo em ambiente protegido”.

O Comitê Internacional para o uso do Plástico na Agricultura (CIPA) define que a “plasticultura” envolve todos os produtos plásticos utilizados para garantir a produção agrícola. São considerados todos os produtos não-acondicionados para vegetais (estufas, pequenos túneis, cobertura morta, rede, irrigação...) ou produção animal (silagem, estiramento, fios, redes...). Feito principalmente de polietileno de baixa densidade ou polímero de polipropileno, considerando os produtos degradáveis e biodegradáveis.

A utilização do plástico na agricultura é realizada de diversas formas, de modo a alcançar o objetivo. Iniciou-se com a construção dos ambientes protegidos (casa de vegetação e túneis) e tem se expandido para diversas áreas da produção agrícola, desde estruturas, como lonas para silagem e armazenamento, silos-bolsas, e para coberturas do solo (*mulching*), entrando na linha de insumo, como nas embalagens, bolsas (bag's) de transporte, sistemas de irrigação, bandejas de produção de mudas, etc.

No enfoque da proteção do ambiente, as primeiras citações da utilização do plástico no cultivo de hortaliças no Brasil são referentes aos trabalhos pioneiros realizados por Kimoto e Conceição, ano de 1967 (GOTO, 1997), em que os autores demonstraram a eficiência do plástico na cultura do morango, cobrindo os canteiros (*mulching*).

A adoção por agricultores inicia-se nos anos 1970, na região de Atibaia (SP), com produtores de morango, testando 50% da área coberta com plástico e o restante coberto com palha, que já era tradicional. No final da década de 70, mais trabalhos foram realizados, agora em Manaus (AM), comprovando a eficiência da utilização desse material na produção de hortaliças (MARTINS, 1983, citado por GOTO, 1997). Na época, foram feitas muitas críticas. No entanto, ficou comprovado que para a região de Manaus, a técnica se mostrou muito eficiente. Outra iniciativa de grandes proporções, ou de melhor divulgação, foi o Projeto São Tomé, no Rio Grande do Sul em meados da década de 80, apoiado pela indústria de filmes plásticos.

Todos esses fatos contribuíram enormemente para a difusão da tecnologia e fez com que no início dos anos 90 houvesse um crescimento acelerado da plasticultura no Brasil, que alcançou em 4 a 5 anos a marca dos 1.300 hectares cultivados em estruturas protegidas com plástico. No entanto, ao final da década de 90 notou-se que o Brasil não acompanhou o crescimento que ocorria a nível mundial. O Brasil estagnou sua produção em uma área de em torno de 2.000 hectares, enquanto o sistema era cada vez mais adotado em outros países, abrangendo cerca de 716 mil hectares cultivados em estufas pelo mundo (SILVA et al., 2014).

Essa estagnação brasileira ocorreu porque aos poucos os produtores foram abandonando a tecnologia, em função de alguns percalços relacionados a problemas desde as estruturas (dimensionamento, orientações, etc.) até o manejo das culturas (fisiológico, nutricional e fitossanitário). A ausência de

pesquisas com o cultivo em “ambiente protegido” (existindo resultados isolados), aliada à grande extensão do país e à variedade de climas e solos, aumentou as dificuldades, gerando carência de acompanhamento técnico eficaz, adequado e que mantivesse os agricultores na atividade.

A partir dos anos 2000, o Brasil voltou a investir no cultivo em “ambiente protegido”, principalmente depois que alguns descendentes de japoneses, principalmente filhos de agricultores ligados à produção de hortaliças retornaram do Japão, após terem migrado para aquele país, devido à frustração com a política agrícola do Brasil na década de 90.

Alguns retornaram com conhecimento apurado e continuaram na atividade olerícola no Brasil, implantando as tecnologias de cultivo protegido em suas áreas. Dessa forma, houve uma ampliação na área de cultivo protegido, principalmente nas regiões tradicionais de cultivo, como no cinturão verde da grande São Paulo. Assim, pode-se dizer que a evolução da tecnologia do cultivo em “ambiente protegido” foi impulsionada por informações e por iniciativa dos próprios agricultores, pois até hoje a pesquisa não conseguiu acompanhar seus passos.

Um fato marcante dessa organização não governamental em prol do crescimento da Plasticultura no Brasil foi a criação Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura (COBAPLA), em 1997, que é uma associação civil, sem fins lucrativos, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento e potencialização do uso do plástico na agricultura.

Outro passo foi a criação da Rede Paulista de Plasticultura em 2014, que é um projeto de difusão de geração de tecnologias, como objetivo principal de suprir as carências tecnológicas do setor de produção em ambiente protegido. A Rede é formada pelo COBAPLA, em parceria com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), organismo de extensão rural da Secretaria de Agricultura de São Paulo, juntamente com empresários rurais especializados na produção de mudas e cultivos focados em nichos de mercado.

Segundo o vice-presidente do COBAPLA, o engenheiro agrônomo Antonio Bliska Junior, a intenção é disseminar a tecnologia de forma correta, parando com a malfadada prática de ‘copiar o vizinho’ e com isso cometer muitos erros. Para isso, estão sendo implantadas 40 unidades de demonstração tecnológica em todo o estado, sendo que essas unidades funcionam em empresas agrícolas particulares. São dois tipos de unidade, as Unidades de Adaptação de Tecnologia (UAT) e as Unidades de Produção em Média e Alta Tecnologia (UPAT). Além do suporte técnico por meio da CATI, as empresas que atuam no setor poderão divulgar seus produtos e serviços, desde que apoiem o programa (COBAPLA, 2017).

3. TENDÊNCIAS DA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS NO AMBIENTE PROTEGIDO

O COBAPLA afirma que o Brasil voltou a acompanhar a tendência mundial de aumento nas áreas de cultivo em ambiente protegido, apresentando em 2017 cerca de 24 mil hectares de produção em ambiente protegido (túneis e estufas), nos quais são produzidas hortaliças, flores, frutas e viveiros. Metade dessa área, cerca de 11 mil hectares, está no estado de São Paulo (COBAPLA, 2017).

Cultivo de Hortaliças em Ambiente Protegido

Apesar da dificuldade de se obter dados oficiais sobre as áreas de cultivo protegido destinadas às hortaliças, segundo o secretário do COBAPLA, senhor Paolo Prada, cerca de 60% da área de produção em ambiente protegido seria ocupada por hortaliças, e os outros 40 % divididos entre flores e frutas, sendo inclusa uma pequena parte ocupada com viveiros. Dentre as hortaliças cultivadas em ambiente protegido, predominaram pimentão, tomate, pepino e alface, sendo esta última principalmente por meio do sistema hidropônico. Essa estimativa se baseou em informações coletadas com universidades e instituições ligadas à atividade (apresentada em palestra proferida durante o V Fórum de Plasticultura e I Simpósio da Indústria do Plástico Agrícola, em 2016).

Ao todo, são estimados 3,7 milhões de hectares cultivados em ambiente protegido (somente com estufas) no mundo. A China concentra a maior área desses cultivos protegidos, pois possuía 3,3 milhões de hectares em 2013, sendo que grande parte desses plantios é com hortaliças. A propósito, na China, a produção de hortaliças em estufas é o dobro da realizada em campo aberto (CHANG et al., 2013).

É nítida a tendência mundial de continuar aumentando a expansão do cultivo em ambiente protegido, sobretudo em algumas culturas que são propensas a problemas fitossanitários nos cultivos em campo aberto, gerando assim grande demanda de agrotóxicos para o sucesso das lavouras.

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no mundo, com 177 milhões de toneladas produzidas globalmente em 2017, e também é um dos líderes no uso de agrotóxico (MULDERIJ, 2018), o que coloca o consumo do fruto em “xeque”. Atentos a essa situação, os principais países da união europeia, produtores de tomate para mesa, já trabalham com quase 100 % das lavouras em ambiente protegido.

Na safra 2016/17, esses países (união europeia) produziram cerca de 18 milhões de toneladas de tomates, dos quais 40% foram vendidos no mercado de produtos frescos (“in natura”). Juntas, Espanha, Itália, Holanda, Polônia e França foram responsáveis por 75% da produção de tomate para consumo *in natura*. A produção na Espanha e Polônia, para esse mercado, é 100 % realizada dentro de ambiente protegidos (MULDERIJ, 2018).

Os países da Ásia Central, atentos ao mercado europeu de hortaliças, já estão investindo na tecnologia de cultivo sob ambiente protegido, principalmente para as culturas de tomates e pepinos. Empresas que trabalham com a construção de estufas estão desenvolvendo vários projetos para países como a Geórgia e o Cazaquistão. Embora a horticultura nesses países ainda esteja em seu início, há um grande espaço para melhorias e investimento em novos complexos de estufas, o que pode ser o caminho para alcançar o mercado europeu (MULDERIJ, 2018).

A maior segurança na atividade e a qualidade diferenciada do produto final são alguns dos atrativos das técnicas de cultivo protegido das hortaliças também no Brasil. No entanto, ainda há grandes desafios que incluem a profissionalização do empreendedor e a capacitação da mão de obra.

4. ASPECTOS IMPORTANTES PARA A ADOÇÃO DA TECNOLOGIA

Fundamentalmente, o cultivo no ambiente protegido visa a produção de hortaliças com alta qualidade, produtividade e frequência de oferta, condições que o ambiente a campo aberto pode não oferecer, por isso a primeira consideração a se fazer devese pensar no objetivo que se tem com a tecnologia a ser empregada.

No contexto do uso de estruturas com coberturas plásticas (casa de vegetação e túneis), é preciso observar o local onde será instalada a estrutura, pois o Brasil é um país de dimensões continentais com uma enorme variedade de climas, desde tropical a subtropical, em que muitas vezes o fator limitante ao cultivo no campo aberto será as altas temperaturas e o excesso de umidade, devido às chuvas, o que demanda, por exemplo, de um efeito de proteção conhecido como “Guarda-chuva”, ou “Abrigo”, e não o efeito “Estufa”. Mas há também regiões (e/ou épocas do ano) com clima subtropical frio, com temperaturas bem baixas, o que pode demandar de estruturas com efeito estufa. Assim, as observações da latitude e altitude do local de instalação do cultivo são de fundamental importância para se iniciar o planejamento da estrutura.

Também há de se falar da proteção em leito de canteiro (*mulching* - cobertura morta com plástico), que é o segmento da plasticultura que mais cresceu no Brasil. Apesar de se enquadrar melhor no sistema de produção de culturas de porte rasteiro, a tecnologia se adapta bem para plantas de porte médio ou alto, como as herbáceas tutoradas (tomate, pimentão, vagens, entre outras) e também os arbustos (acerola, pêssago, etc.), sendo muito importante para cultivos a campo aberto. No entanto, também podem ser utilizadas dentro das estruturas de proteção (casa de vegetação, túneis e telados) como uma forma de dupla proteção (FIGUEIREDO, 2011).

Na atualidade, há culturas como alface e morango, que para serem cultivadas em condições de campo aberto se preconiza o uso do *mulching* como regra, conforme relatado pelo pesquisador da Fepagro, André Strassburger (em palestra na Expointer/2018 – Essa é uma feira agropecuária de destaque nacional e internacional, realizada no Parque Estadual de Exposições Assis Brasil, na cidade de Esteio, no Rio Grande do Sul). Essa cobertura inerte, quando realizada com o plástico adequado, serve como barreira física para controlar o crescimento de plantas espontâneas; manutenção da umidade do solo; controle da temperatura do solo; aumento da eficiência do uso da água e de nutrientes; diminuição da incidência e ocorrência de doenças; e proteção dos frutos (principalmente no caso do morango).

4.1. OS AGROFILMES

A eficiência da tecnologia passa pela escolha correta do filme plástico (agrofílm), de modo a atender a demanda do cultivo. Assim, a primeira coisa a se conhecer são as resinas utilizadas na fabricação dos agrofílm.

Existem vários tipos de resinas plásticas, sendo que as mais comumente usadas na agricultura são o polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloreto de vinila (PVC) e o etil vinil acetato (EVA). A seguir uma breve explicação das diferenças entre elas e algumas aplicações.

Cultivo de Hortaliças em Ambiente Protegido

Poliétileno (PE) - produzido com diferentes densidades e nas formas linear, ramificada ou reticulada, podendo ser aplicado em diversas áreas, o polietileno é muito utilizado na produção de acessórios de utilidade doméstica, como potes e vasilhas, sacos, embalagens e revestimento de latas. É a principal resina usada na Agricultura, sendo base para fabricação de agrofilmes.

Polipropileno (PP) - possui elevada resistência química, podendo ser moldado facilmente. Também é atóxico, com alta resistência à fratura por flexão e baixa absorção de umidade. Além disso, pode ser usado na fabricação de brinquedos, seringas, embalagens industriais, automóveis e eletrônicos, e na agricultura são encontrados nas embalagens de caixas e sacos de plástico que embalam cebola, alho, laranjas, etc., além dos fios que são usados em culturas tutoradas (amarrão de tomate, pimentão, pepinos, etc.).

Poliestireno (PS) - tem boa transparência, é de fácil processamento e coloração. Possui baixa resistência ao impacto e às intempéries, por isso, é utilizado em embalagens de alimentos, brinquedos, eletrodomésticos e peças automobilísticas, e na agricultura é encontrado nas bandejas para produção de mudas, o famoso Isopor.

Policloreto de Vinila (PVC) - de modo geral, o PVC é um material resistente a substâncias químicas, como oxidantes, ácidos, bases e óleos, e, por conta disso, costuma ser muito usado em tubulações. Além disso, possui grande resistência mecânica devido às suas variadas maneiras de ser polimerizado. Não é possível processar o PVC em 100%, mas, ainda assim, ele é um dos plásticos mais empregados nas indústrias, usado na fabricação de brinquedos, calçados, embalagens e cartões magnéticos, assim como na construção civil. E na agricultura tem feito parte de sistemas de irrigação, peças de implementos e máquinas.

Etil Vinil Acetato (EVA) - possui elevada resiliência a baixas temperaturas e pode ser transparente. Além disso, tem flexibilidade e elasticidade, podendo ser usado em papéis, papelão, composições asfálticas, sacaria industrial e brinquedos. Na agricultura, é muito usado em embalagens e também compondo base dos agrofilmes de PE co-extrudado com EVA.

O polietileno (PE) é a resina plástica mais importante para a agricultura na atualidade, pois é a base para os agrofilmes usados nas coberturas das estruturas (casa de vegetação e túneis) e nas coberturas de solo (*mulchings*). Em 2016, o Brasil consumiu por volta de 14.000 toneladas de filmes PE na Agricultura (segundo Miguel Malano, gerente de marketing na América Latina da Dow, em entrevista à Plástico em Revista, em abril 2017).

O polietileno é fabricado em várias densidades: PEAD (polietileno de alta densidade), PEBD (polietileno de baixa densidade), PELBD (polietileno linear de baixa densidade ou PEBDL), PEUAPM (polietileno de ultra alto peso molecular) e PEUBD (polietileno de ultrabaixa densidade). O PEBD é a versão mais usada na agricultura por ser mais leve e flexível, com boa dureza, elevada resistência química, boas propriedades elétricas, impermeável, facilmente processável (moldável), transparente, atóxico e inerte. Inclusive há pesquisadores que defendem que o cultivo em ambiente protegido em países tropicais, como o Brasil, foi possível graças ao desenvolvimento desse tipo de filme.

A indústria de fabricação dos agrofilmes tem evoluído e acompanhado as exigências do mercado, prova disso foi o desenvolvimento de substâncias que são adicionadas às resinas de forma a melhorar o desempenho dos filmes agrícolas, são os aditivos. Vejamos os principais aditivos encontrados no mercado, e que são adicionados nos agrofilmes:

Estabilizantes: atuam basicamente protegendo contra os raios ultravioletas (UV), impedindo que o polímero se desfaça pela ação de radicais livres. Existem vários no mercado, como os a base de níquel, o negro-fumo e o HALS (Hindered Amine Light Stabilizers), sendo a tecnologia mais atual. Esses são aminas bloqueadas que encerram os radicais livres. Têm também os aditivos que absorvem os raios UV, conferindo proteção ao agrofilme, como as Benzofenonas e os Benzotriazóis (policarbonato, ABS, poliaminas).

Antigotejamento e antiembaçantes: são substâncias tensoativas que não permitem a formação de gotas de água no plástico devido à condensação, evitando que essas sejam dispensadas sobre as culturas provocando lesões e servindo como agente dispersante de microrganismos.

Expansores: são adicionados ao polímero com a finalidade de reduzir peso e melhorar propriedades dielétricas de isolamento térmico e acústico.

Plastificantes: são aditivos empregados em alguns tipos para aumentar a flexibilidade.

Pigmentantes: utilizados para conferir cor desejada, o que significa refletir o comprimento de onda daquela cor.

Difusores: são aqueles que promovem difusão da luz em várias direções ao passar pelo filme, o que aumenta a recepção da luz PAR (fotossintética) pelas folhas das plantas e conseqüentemente, a fotossíntese. Normalmente são microcristais que promovem essa difusão. Estratégia interessante para culturas tutoradas.

Refletivos: são os que irão refletir certa quantidade de luz incidente, evitando grande incidência de luz nas plantas e indiretamente contribuindo com a redução de temperaturas internas. Muito usados nas telas refletoras, conhecidas como aluminetes.

4.2. A CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE PROTEGIDO

O cultivo protegido de hortaliças caracterizado pela construção de uma estrutura (casa de vegetação e túnel) possibilita o controle das condições edafoclimáticas como a radiação solar, temperatura do ar e do solo, e umidade do ar e da água (PURQUERIO; TIVELLI, 2009). Em regiões tropicais, a utilização de ambientes do tipo telado promovem a redução da luminosidade, da temperatura do ar e do solo, e o aumento da umidade relativa do ar, melhorando o desenvolvimento das culturas (SANTOS et al., 2010; RAMPAZZO et al., 2014). Porém, é válido ressaltar que o controle da luminosidade poderá ocorrer via malhas de sombreamento, malhas reflexivas e iluminação artificial, e o controle da temperatura e da umidade relativa do ar por meio das janelas laterais, frontais e zenitais em cultivos de hortaliças em ambientes protegidos não climatizados.

4.2.1 RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é um dos principais fatores limitantes para o aumento nos rendimentos dos cultivos no campo ou em ambientes protegidos. No Brasil, por exemplo, o uso de sistema de cultivo protegido cresceu a partir da necessidade de amenizar a densidade do fluxo da radiação solar, com possibilidade de cultivo em períodos com alta intensidade luminosa (CARDOSO et al., 2008).

Dessa forma, nota-se a importância da caracterização da radiação solar no sistema protegido, pois esta poderá comprometer o balanço energético e os processos fotossintéticos comprometendo a produção das culturas (CARDOSO et al. 2008). Quando um raio luminoso atinge a superfície do material de cobertura de uma estufa, a sua energia se divide em três frações: uma parte é refletida, outra é absorvida e uma terceira é transmitida. A parte refletida é perdida para a atmosfera e a parte absorvida irá aquecer o material de cobertura, e posteriormente emitirá a energia absorvida nas duas direções. Por isso, considera-se que somente a metade da energia solar absorvida pelo material será recuperada pela cultura. Sendo que a parte transmitida passa diretamente para o interior do ambiente protegido alcançando as plantas (Figura 1) (ANDRIOLO,1999; REBOUÇAS et al., 2015)

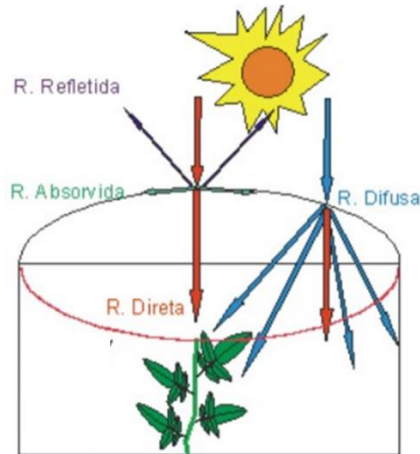


Figura: Purquerio, L. F. V.

Figura 1. Esquema ilustrativo da radiação dentro do ambiente protegido e projeção aproximada de “bolsão térmico” formado no interior da estrutura.

No interior do ambiente protegido, de acordo com o local de implantação, há uma redução na radiação incidente em relação ao meio externo de 5% a 35%, variando de acordo com o material plástico (composição e espessura) e o ângulo de elevação (estação do ano e hora do dia) (PURQUERIO; TIVELLI, 2009). Visto que as modificações no fluxo de densidade da radiação acontecem devido aos processos de absorção, transmissão e reflexão da luz incidente sob o ambiente protegido (RADIN, 2002). No entanto, a radiação refletida e a fração da radiação transmitida não participam dos processos biológicos, sendo apenas a fração absorvida disponível para processos fotossintéticos (PEREIRA et al., 2002). Além disso, a radiação difusa pode ser influenciada pela orientação da posição do ambiente protegido e a inclinação do telhado (WAAIJENBERG, 2006). Cabe-se então evitar estruturas construídas

ao lado de árvores ou construções que projetam sua sombra sobre o ambiente, e estruturas geminadas que geram faixas de sombreamento sobre as culturas em seu interior (PURQUERIO; TIVELLI, 2009).

A maior fração solar difusa no ambiente protegido é ocasionada pela maior dispersão da radiação solar em seu interior, contribuindo para a expansão da radiação fotossintética (nas folhas das hortaliças) com maior radiação interceptada pela cultura, de modo a compensar a diminuição da luz causada pelos materiais constituintes das estruturas (CABRERA et al., 2009). E colaborar para a melhor produção das culturas com o aumento da irradiância, que poderá elevar a produção de fotoassimilados e sua disponibilidade para o crescimento da planta e produção de frutos (ANDRIOLO, 2000; REIS et al., 2013).

A transmissão da radiação solar tende a ser influenciada pelos tipos e formas das estruturas e podem ser classificadas como eficientes, quando apresentam alta transmissividade da radiação solar durante o inverno e homogeneidade da distribuição no seu interior (BAILLE; BAILLE 1990). Sendo que o fluxo de radiação transmitido pode ser afetado por fatores como condensação da umidade atmosférica, deposição de poeira que reduz a luminosidade no interior da estrutura, causando o estiolamento das plantas (CABRERA et al., 2009).

Os tipos de materiais para a cobertura do ambiente influenciam na entrada da radiação solar, como por exemplo, o plástico de polietileno que apresenta boa transparência e permite a passagem de 70 a 80% de luz. Já outros materiais como as malhas coloridas são utilizadas como alternativa para manipular o espectro de luz (intensidade e qualidade), funcionando como uma proteção física com a filtragem diferencial da radiação solar (HENRIQUE et al., 2011; MEIRA et al., 2012).

A malha preta (sombrite) é neutra e auxilia na redução da incidência da radiação solar sobre as plantas, sem influenciar na qualidade espectral da luz, reduzindo a temperatura. Já a malha vermelha reduz as ondas azuis, verdes e amarelas e acrescenta ondas na faixa espectral do vermelho e do vermelho distante, com transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm. A malha azul filtra as ondas na faixa do vermelho e do vermelho distante, o que permite a passagem de ondas com transmitância na região do azul-verde (400-540 nm) (NOMURA et al., 2009; COSTA et al., 2012). Tendo em vista que a radiação vermelha e azul apresenta características espectrais mais eficientes para otimizar as respostas fisiológicas nas plantas (BRAGA, 2009).

As telas termorrefletoras (telado aluminizado) comportam-se como difusoras, uma vez que sua composição proporciona mais luz difusa ao ambiente, promovendo redução da temperatura sem alterações nos processos fotossintéticos (LEITE, 2010). Dessa forma, percebe-se que as malhas em geral tende a promover a menor incidência de energia solar e contribuir para diminuir os efeitos extremos da radiação, principalmente a fotorrespiração, promovendo uma melhor produção, aumentando a produtividade e qualidade das culturas para consumo (MACIEL et al., 2009). As hortaliças folhosas como a alface e a rúcula, quando cultivadas em ambiente que proporcionam a redução na intensidade da radiação solar incidente, sob telas de 50%, aumentam sua produção (COSTA et al., 2011) devido à redução da temperatura do ar e do solo quando comparado ao cultivo a campo aberto (GUISELINI; SENTELHAS, 2004).

4.2.2 TEMPERATURA DO AR E SOLO

As temperaturas do ar e do solo dentro dos ambientes protegidos podem ser modificadas com as alterações na intensidade luminosa. A temperatura é um fator também limitante que exerce influência sobre as funções vitais das plantas como germinação, transpiração, respiração, fotossíntese, crescimento, floração e frutificação (OLIVEIRA et al., 2012). Sendo que uma mesma espécie poderá estar sujeita à ampla variação estacional e até mesmo a flutuações diárias consideráveis de temperatura do ar (GURGEL et al., 2006).

Nos países de clima temperado com inverno rigoroso, o ambiente protegido tem como finalidade aquecer os cultivos. Já nas condições tropicais e subtropicais, com cultivos de hortaliças durante todo o ano, a estrutura permite a diminuição da temperatura (PURQUERIO; TIVELLI, 2009), visto que as altas temperaturas associadas à baixa umidade relativa podem dificultar o cultivo de hortaliças (FERRARI; LEAL, 2015).

Para reduzir o aumento excessivo da temperatura do ar nos ambientes protegidos, recomenda-se o uso de termorrefletoras, que têm por finalidade limitar o acúmulo de carga térmica no ambiente por meio de reflexão de parte da radiação solar incidente (GUISELINI et al., 2010). Outra ferramenta simples no controle do microclima é o uso das telas de sombreamento, porém deve ser manejada adequadamente, pois os níveis de restrição da radiação solar, além de afetar os componentes do balanço de energia, como os fluxos de calor sensível e latente, podem influenciar no crescimento, desenvolvimento e produção das culturas (STANGHELLINI et al., 2011).

Dessa forma, o manejo da temperatura do ambiente protegido começa pela escolha do tipo de ambiente a ser utilizado, e que está muito relacionado ao tipo de hortaliça a ser cultivada, sendo que cada uma possui uma necessidade fisiológica diferente, podendo não ser alcançada em função do tipo de ambiente utilizado. Principalmente, porque o balanço de energia dependente de fatores como a transmissividade do plástico, o ângulo de incidência da radiação solar sobre a cobertura, e a renovação do ar do seu interior. Logo, é necessário identificar quais matérias são ideais, e como deverão ser utilizados para as determinadas espécies de hortaliças. Para culturas de arquitetura mais alta como o tomateiro, por exemplo, recomenda-se um ambiente com no mínimo 3,0 a 3,5 m de altura, de pé direito. Já as hortaliças de porte herbáceo, podem ser cultivadas em ambientes com pé direito menor, ou mesmo com a ausência deste, como é o caso dos túneis de cultivo forçado (PURQUERIO; TIVELLI 2009).

Apesar da existência de várias tecnologias utilizadas na construção desses ambientes, ainda existem desafios de como manter a temperatura ideal noturna e diurna, e nas fases do desenvolvimento da planta, de acordo com a demanda de cada espécie. Segundo Barbosa (2003), a temperatura ideal diurna deve ficar entre 23 e 25° C e a noturna entre 15 e 18°C, de modo que a transição da temperatura diurna para a noturna ocorra de forma lenta para que não aconteçam distúrbios fisiológicos nas plantas.

No cultivo do tomateiro, a temperatura tem grande importância nas fases do crescimento das plantas, sendo que acima de 30°C, dentro do ambiente protegido, podem causar injúrias ao cultivo (LENHARDT et al., 2017). Para a cultura da alface, o ambiente protegido promove temperaturas amenas em relação ao campo aberto, permitindo o melhor desenvolvimento das plantas (BRZEZINSKI et al., 2017). Visto que

em ambiente protegido, a temperatura constante pode inferir maior soma de graus dias e o aumento do número de folhas (HERMES et al., 2001).

Já a temperatura do solo nos cultivos protegidos, deve ser mantida dentro da faixa mais próxima do ideal com irrigação. No verão, a irrigação e o manejo da temperatura do ar contribuem para a manutenção dentro da faixa para a cultura. Porém, no verão, deve-se atentar-se à temperatura do solo, principalmente no início do desenvolvimento da cultura. E no inverno, as irrigações devem ser feitas preferencialmente no período da manhã (PURQUERIO; TIVELLI, 2009).

4.2.3 UMIDADE DO AR

Nos ambientes protegidos, verifica-se que umidade relativa média interna é menor que a umidade relativa externa média, mesmo as plantas produzindo vapor d'água no interior dos mesmos. Sendo que a umidade relativa do ar é inversamente proporcional à temperatura do ar, pois à medida que a temperatura do ar aumenta em função do aumento da disponibilidade energética na superfície do solo (radiação solar global), a umidade relativa do ar diminui em função do aquecimento do ar (COSTA et al., 2004), variando num período de 24 horas de 30 a 100%, diminuindo durante o dia e aumentando durante a noite. E além disso, vale considerar que dentro do ambiente protegido há um menor volume de ar em relação à condição externa, ocorrendo, então, a inibição do processo convectivo devido à barreira imposta pela presença do filme plástico (CUNHA; ESCOBEDO, 2003).

Nota-se que a umidade do ar está ligada ao equilíbrio hídrico das plantas, em que um déficit pode alterar a evapotranspiração e a capacidade do sistema radicular de absorver a água e o nutriente (PURQUERIO E TIVELLI, 2006). A evapotranspiração em ambiente protegido é menor do que a externa devido ao benefício da difusividade da cobertura plástica e das condições de temperatura, umidade relativa do ar e da redução da ação dos ventos, principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera (PIVETTA et al., 2010; ANDRADE JUNIOR et al., 2011).

Agora o excesso da umidade do ar no interior do ambiente protegido é visto pela sua condensação na face interna do filme plástico de cobertura e consequente redução na transmitância da radiação solar. Porém, a queda dessas gotas sob as plantas de determinadas espécies causa o aparecimento de manchas nas plantas. Entretanto, pode-se evitar essa situação com a utilização de plásticos “antigotejo”, que auxiliam as gotas formadas a escorrer pelo lado interno do plástico para as laterais da estrutura (PURQUERIO; TIVELLI, 2006).

O manejo da umidade do ar vai depender da cultura, visando atender sua fisiologia de crescimento e desenvolvimento. As baixas umidades relativas do ar em conjunto com as altas temperaturas provocam aumento da taxa de respiração, fechamento de estômatos, redução da taxa de polinização e abortamento de flores, levando à diminuição da produção (ALVARENGA, 2013). Já para o cultivo do tomate, a alta umidade do ar tende a favorecer a multiplicação de fungos e bactérias, contribuindo para a propagação de doenças, afetando o desenvolvimento e produtividade do fruto (FILGUEIRA, 2008). Haja vista que o ambiente protegido contribui para o controle e umidade no decorrer do ciclo da cultura do tomate, diminuindo a incidência de doenças (LENHARD et al., 2017).

Cultivo de Hortaliças em Ambiente Protegido

Já a umidade do solo em ambiente protegido pode ser controlada pelo uso correto de água, ou seja, níveis adequados para as diferentes hortaliças. Para isso, usa-se a irrigação localizada de acordo com a necessidade hídrica de cada espécie. O manejo errado da irrigação, aliados a períodos secos prologados ou ao excesso de água no solo, poderá comprometer o desenvolvimento da cultura. No cultivo do tomateiro, a escassez de umidade do solo provoca abortamento de flores e queda dos botões florais, e o excesso de umidade proporciona o apodrecimento e o aparecimento de rachaduras nos frutos provocando o surgimento de fungos causadores de doenças (SILVA et al., 2013).

4.3. INSTALAÇÃO DO AMBIENTE PROTEGIDO

O ambiente protegido, também apresentado como casa de vegetação e túneis não climatizados, é responsável por grande parte da produção de hortaliças. Essas instalações podem ser denominadas como “estufas” ou “guarda-chuva”, dependendo das características a serem exploradas. A utilização de cobertura da estrutura para obter-se o efeito “guarda-chuva” é usada principalmente para proteger os cultivos da chuva, sendo bastante usada em regiões tropicais, principalmente em baixas altitudes e menores latitudes, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A estrutura da “estufa” mais utilizada em regiões de clima ameno (altas altitude e maiores latitudes), é caracterizada como uma casa de vegetação mais completa, com controle para a cobertura e para a proteção das plantas em relação a parâmetros meteorológicos adversos como precipitação e calor (REIS, 2005; CAVALETE et al., 2008). Essa estrutura pode ser classificada como climatizada, semiclimatizada e não climatizada, que não possui nenhum tipo de equipamento de automação, apenas está condicionada aos fatores físicos da natureza do ambiente (REIS; MAKISHIMA, 2002).

Os cultivos no ambiente protegido são caracterizados como cultivos em solo (direto); cultivos em substrato (misturas de materiais: inerte, orgânico, solo) e cultivos hidropônicos que serão determinados de acordo com o objetivo do produtor, assim como da cultura a ser implantada. Porém, antes da construção do sistema, alguns cuidados devem ser tomados com a escolha do local, o conhecimento da topografia da área, dando preferência a terrenos planos. O cultivo em solo com declividade de 2 a 15% para que ocorra a drenagem da água no interior, e nos cultivos hidropônicos 2 – 3% de declividade para a drenagem da solução nutritiva, de modo a facilitar a construção, os plantios, a irrigação e tratos culturais, evitando sempre construir em baixadas, dando preferência a locais bem ventilados (SILVA et al., 2011). Além da declividade adequada, é necessário o conhecimento das características químicas e físicas do solo e a exigência nutricional da cultura.

O fornecimento de água nos cultivos no ambiente protegido ocorre via irrigação, entretanto, o consumo de água pela cultura é menor em relação aos cultivos a pleno sol. Em algumas regiões do Brasil esta característica é importante, pois o acesso à água pode ser limitado ou até mesmo escasso ao longo do ano (CARRIJO et al., 1999; REIS et al., 2009). O sistema de gotejamento é o mais recomendado até o momento, pois apresenta algumas vantagens como uso racional e controlado da água, sendo que a localização da água diretamente no solo protege a parte aérea das plantas contra a incidência de algumas

doenças fúngicas e bacterianas, além de favorecer a aplicação de fertilizantes solúveis por meio da água de irrigação (TRANI et al.,2018).

Tendo em vista às necessidades essenciais do cultivo, os modelos estruturais dos ambientes protegidos adotados serão direcionados primeiramente às exigências das plantas diante da adversidade climática, e posteriormente ao local, de acordo com as características das regiões do país. Os modelos diferem entre si, principalmente quanto à forma da cobertura (NETO et al., 2014), sendo que o tipo de construção está relacionado com a escolha do material de revestimento, considerando as condições climáticas da região que tende a influenciar os fatores internos (MAX et al., 2012).

Os materiais usados podem ser de madeira, ferro, concreto, alumínio, entre outros, e cobertas com materiais transparentes que permitam a passagem da luz solar, para crescimento e desenvolvimento das plantas, são eles: polietileno (PE), de baixa densidade (PEBD) e alta densidade (PEAD), filmes térmicos, térmicos de longa duração, antigotejamento, difusor, multicamadas e coloridos (azul, vermelho, amarelo, cinza, entre outros). Em geral, o material de cobertura deverá apresentar boa transparência à radiação solar, permitindo a passagem de 70 a 80% dessa radiação (ROBERTO et al., 2011).

Os tipos de telas podem variar de acordo com sua aplicação, tais como proteção ao granizo, ao vento, ao sol, aos pássaros, às ervas daninhas, aos insetos, ao gelo, colheita de frutos e suporte (tutoramento) (CALVETE et al.,2008). Em algumas regiões com a predominância de ventos frios no outono e inverno, as estufas são em sua maioria cobertas com plásticos nas laterais, ou cobertas com telas do tipo sombrite, com predominância de malhas finas para evitar a entrada de insetos(TRANI et al.,2018).

Alguns aspectos como a orientação, construções, dimensões e material de cobertura devem ser avaliados. Os ventos de menor intensidade podem ser aproveitados para a renovação do ar do ambiente, já para os ventos fortes deverá haver quebra-ventos vegetais e/ou cortinas (telas). Em relação à insolação (radiação e temperatura), as instalações serão leste-oeste, e para as conjugadas norte-sul, para evitar que um dos lados tenha sombra. Durante o inverno, a orientação leste-oeste é a melhor, para o restante do ano, é norte-sul. Segundo Galvani et al. (1998), as estruturas protegidas com plásticos orientadas no sentido L-O apresentam temperaturas internas ligeiramente superiores à condição de orientação N-S. A inclinação da cobertura deverá ser assimétrica, permitindo maior radiação incidente (CALVETE et al.,2008).

As estruturas podem ser classificadas em diferentes modelos como capela, teto em arco, Londrina (uma só água), dente de serra, túnel forçado, túnel alto e de convecção forçado (REIS; MAKISHIMA, 2002). Entretanto, as dimensões não podem ser padronizadas, pois depende do local onde será instalada e do material de construção. A largura não deve ser menor do que 3 m e maior do que 12 m, a altura (pé-direito) não deve ser inferior a 3 m (atualmente, utilizam-se 4 a 5 m), e a inclinação da cobertura mínima deve ser de 15%, para que haja um bom escoamento da água da chuva e se evite a formação de depósitos sobre a cobertura (sobretudo pó). Para hortaliças, utiliza-se o comprimento de 50-51 m, com largura média de 10 m, nas estruturas de madeira, mistas e de aço galvanizado, e múltiplo desse número nas estruturas geminadas. Uma estrutura deve ter de 20 a 40% de aberturas em relação à superfície coberta para possibilitar boa ventilação. O formato da cobertura também é um fator importante a ser considerado, as de formato circular ou semicircular são as preferidas, principalmente em virtude da maior iluminação, além da facilidade do deslizamento da água da chuva(DIAS, 2017).

Cultivo de Hortaliças em Ambiente Protegido

Alguns instrumentos são indispensáveis para o controle da temperatura do ar, como a presença do termômetro de máxima e mínima a 1,5 m de altura, no centro do ambiente protegido, abrigado da luminosidade direta do sol. Para o manejo da umidade, usa-se o higrômetro ou um termo-higrômetro, cujas leituras deverão ser registradas diariamente ao meio dia (12h), com a mesma localização do termômetro. Existe também o uso de nebulizadores para o controle de temperatura e a umidade relativa do ar dentro do ambiente. Além desses, dispõe-se de equipamentos eletrônicos conhecidos como “microlloggers”, que possuem sensores de temperatura e umidade do ar para realizar automaticamente a leitura dessas variáveis no momento desejado (DIAS, 2017).

Portanto, para o manejo adequado do cultivo de hortaliças nos ambientes protegidos, faz-se necessário primeiramente conhecer a espécie cultivada, considerando suas exigências ambientais e nutricionais. Assim como o ambiente em que serão plantadas, caracterizando o local, coletando informações sobre temperaturas predominantes (máxima e mínima), período de maior chuva, predominância de ventos, culturas adjacentes e período de permanência de uma mesma cultura (DIAS, 2017), para posteriormente obter boa produção e alta produtividade.

4.4 MANEJO NO AMBIENTE PROTEGIDO

4.4.1 LIMPEZA E TROCA DE FILMES

Após a instalação e a utilização do ambiente protegido, é necessário determinar a manutenção da estrutura quanto à limpeza e conservação do material e o manejo da cultura, mantendo água, luz e nutrientes disponíveis para as hortaliças.

Dessa forma, as estruturas devem ser verificadas ao longo do tempo, podendo ser mantidas ou trocadas por um novo material. Por exemplo, o plástico polietileno de baixa densidade (PEBD) tem uma boa transparência à radiação. No entanto, necessita de uma manutenção, pois após um período de uso há uma disposição de poeira, folhas sobre o teto da estufa, reduzindo a luminosidade no interior do ambiente que poderá ocasionar o estiolamento das plantas. Porém, quando o filme plástico está em boas condições é recomendável sua lavagem (com uma vassoura de cerdas macias), antes do período de inverno, e a troca do plástico pode ocorrer somente de três a quatro anos (PURQUERIO; TIVELLI, 2006; ROBERTO et al., 2011; DIAS, 2017).

4.4.2 NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Conhecer bem a cultura que será trabalhada é fundamental, pois para que a cultura se desenvolva com eficiência (alta produção, poucas perdas e melhor qualidade), alcançando os resultados esperados, é necessário atender às necessidades fisiológicas da planta.

O cultivo das hortaliças em ambientes protegidos, em sua maioria, acontece de forma intensiva causando possíveis danos ao solo, como acidez, perda de matéria orgânica e o desequilíbrio dos nutrientes

importantes para a produção das culturas. Para minimizar esses problemas, logo a partir do primeiro plantio, é necessária a realização da calagem e da fertilização (adubação mineral ou orgânica) e manutenção da reposição de matéria orgânica. Para isso, as adubações devem ser baseadas nas exportações de nutrientes para as plantas, as quais ocorrem por meio da saída de produtos do sistema. É necessário também o constante monitoramento dos teores de nutrientes, pois é muito comum o desbalanceamento dos mesmos nessas condições (DIAS, 2017).

Nota-se que, mesmo com a implantação do manejo da fertilização, existem ainda problemas a serem contornados, como a salinização do solo e desequilíbrios entre os nutrientes algumas vezes com excesso. Ou deficiência de micronutrientes, principalmente de Boro, em virtude dos reduzidos teores de matéria orgânica (DIAS, 2017).

A salinização do solo é considerada uma das maiores causas de problemas nos cultivos protegidos, pois acontece devido ao uso inadequado dos fertilizantes aos quais apresentam elevado índice salino, além do excesso da quantidade exigida pela planta e o uso de águas subterrâneas de qualidade inferior (ricas em cloretos, sódio, cálcio e magnésio, carbonatos e bicarbonatos). Sendo que, com a presença da irrigação, a salinização se torna inevitável, pois os sais não participam do processo de evaporação, a água retorna à atmosfera e os sais permanecem no solo em níveis crescentes e prejudiciais (SANTOS, 1997). Entretanto, a salinização pode ser controlada por meio de práticas de manejo da cultura, com drenagem do solo, adubação equilibrada, uso de adubação orgânica, controle dos níveis de nutrientes por meio de análises químicas, cobertura do solo e o dimensionamento do sistema de irrigação (DIAS et al., 2003; DUARTE et al., 2018).

Dessa forma, procura-se evitar danos aos cultivos, no intuito de proporcionar maior eficiência no uso dos nutrientes e da água na produção de hortaliças, aplicando alternativas viáveis à produção. Dentre elas, o uso da fertirrigação, em que os fertilizantes são dissolvidos na água e posteriormente aplicados por meio dos sistemas de irrigação, estabelecendo uma maneira mais eficiente de aumentar a disponibilidade e a absorção de nutrientes (FACTOR et al., 2008), além do parcelamento da adubação, facilidade na incorporação do fertilizante ao solo e economia de mão de obra e energia (FRIZZONE et al., 2012).

O desempenho ideal da fertirrigação depende diretamente da uniformidade de aplicação de água no sistema de irrigação que influencia na igualdade na repartição dos nutrientes. A irrigação localizada por gotejamento é capaz de proporcionar uma melhor eficiência no uso da fertirrigação, principalmente com a utilização de gotejadores autocompensantes nas linhas de irrigação (COELHO et al., 2010).

As novas tecnologias aplicadas nos cultivos protegidos são capazes de diminuir o custo e aumentar a produtividade, além da fertirrigação, a hidroponia tem proporcionado boa produção das hortaliças. A hidroponia é uma das formas de cultivo bastante utilizada para a produção de hortaliças, sem a utilização do solo, porém com a presença ou não de substratos, esses em que os nutrientes são fornecidos às plantas em fluxo contínuo ou intermitente, como em filme estático, continuamente aerado, de solução nutritiva (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000).

A produção de hortaliças nos sistemas hidropônicos oferece benefícios diretos às plantas, ao ambiente e ao agricultor, promovendo uma produção de qualidade, como ciclo curto, menor gasto de água e maior

produtividade. Além da uniformização da produção e a diminuição dos agrotóxicos, já que há uma menor incidência de pragas e doenças (CORRÊA et al., 2012).

Para a implantação do sistema, faz-se necessário o conhecimento das exigências das culturas quanto à nutrição, fatores climáticos e fitossanitários, além de disponibilidade de recursos financeiros para a construção da infraestrutura e para a aquisição de equipamentos e insumos. Entretanto, não há necessidade da realização de práticas culturais, como rotação de cultura, correção do solo, controle de plantas-daninhas, desinfecção e preparo do solo (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000).

Nos cultivos hidropônicos, diferentes técnicas são utilizadas quanto à forma de aplicação de solução nutritiva, podendo as técnicas influenciar na disponibilidade de água e nutrientes às plantas. Sendo elas, o sistema de fluxo laminar de nutrientes (NFT), em que a solução nutritiva é forçada a circular por meio de calhas, canais ou tubos onde estão as raízes das plantas. O cultivo em água profunda (DFT), piscina ou *floéjting*, em que a solução nutritiva é contida em um reservatório em forma de piscina, formando uma lâmina de 15 cm a 20 cm. A aeroponia, a qual a água e os nutrientes são aspergidos sobre o sistema radicular das plantas que está suspenso no ar, e o cultivo em substrato, que constitui também uma forma de hidroponia, pois todos os nutrientes são fornecidos por intermédio da solução nutritiva (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000; SANTOS et al., 2011).

Na hidroponia, a quantidade de N, P e K são reduzidas, principalmente o P, pois, nessas condições não há reações de adsorção e de precipitação como ocorre no solo (NOVAIS; ALVAREZ, 2007), porém mesmo em condições de solução nutritiva, N e K, muitas vezes, são os nutrientes mais extraídos pelas hortaliças (ALVES et al., 2008; LUZ et al., 2009).

Uma cultura em hidroponia, independente da espécie, é sempre implantada em sistema de cultivo protegido, formado pela construção da casa de vegetação do sistema hidráulico e um conjunto de equipamentos ou instrumentos para monitorar a solução nutritiva e o ambiente interno da casa de vegetação. No Brasil, o sistema hidropônico destaca-se na produção de hortaliças folhosas, principalmente o cultivo da alface (*Lactuca sativa* L) uma das mais produzidas nesse sistema (PAULUS et al., 2012), além de outras como a rúcula, agrião, cebolinha.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários aspectos técnicos sobre o cultivo de hortaliças em ambientes protegidos foram expostos neste trabalho, entretanto, a decisão sobre a implantação de uma nova estrutura na propriedade, o produtor deve considerar tanto os aspectos técnicos quanto econômicos, que farão total diferença no sucesso do empreendimento.

Em primeiro lugar, nem todo o cultivo é viável economicamente em cultivo protegido, principalmente aqueles em que há uma concorrência muito forte com os cultivos a campo aberto. É necessário escolher culturas que agregam valor, principalmente quando se opta pela produção de hortaliças em ambiente protegido. O investimento inicial em uma estrutura de cultivo protegido é

elevado. Assim, é importante uma avaliação crítica do retorno desse capital. O retorno financeiro esperado deverá ser suficiente tanto para recuperar o montante investido quanto para manter o fluxo de caixa da cultura.

Na hora de analisar se o investimento em estufa é viável economicamente, muitas vezes surge a seguinte dúvida: quanto eu preciso obter de receita anualmente (e em quanto tempo) para recuperar o investimento e tornar a atividade de cultivo protegido lucrativa? A resposta pode ser obtida por meio do cálculo financeiro denominado PGTO. O cálculo pode ser feito nas calculadoras financeiras e no programa Excel (função PGTO). Esta função é muito utilizada para calcular o pagamento periódico exigido para amortizar um empréstimo/investimento ao longo de um período. Por exemplo, quanto é a parcela mensal de um financiamento do carro (dados o valor inicial, tempo de financiamento e a taxa de juro). O mesmo raciocínio vale para o financiamento de uma casa ou de uma estufa.

O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) utiliza a mesma fórmula para calcular o valor anual da amortização de um investimento de um bem agrícola, dando o nome de CARP (Custo Anual de Recuperação do Patrimônio). Os principais dados para o cálculo são: valor inicial do bem, taxa de juros, tempo de retorno (normalmente, usa-se a vida útil do bem) e valor residual do bem (valor de sucata).

A partir desse raciocínio, o custo pode ser montado para qualquer situação, pois o montante investido na implantação do cultivo protegido varia conforme a cultura, a escala de produção (número de estufas), o material utilizado na estrutura (aço galvanizado, eucalipto tratado, mourão, etc...), a região onde a propriedade está localizada e o acesso a crédito.

5.1 OPORTUNIDADES COM O CULTIVO PROTEGIDO:

- Aumentar a produtividade, com qualidade, de algumas culturas;
- Estabilidade e frequência de oferta de produtos;
- Possibilidade de bom retorno econômico em áreas de pequena, com maior número de colheitas por ano por área;
- Uso mais eficiente de água (sistema fechado);
- Possibilidade de produção e comercialização de produtos diferenciados como os minis (baby), exemplo: miniabóbora, minimelão, minimelancia entre outros.

5.2 DESAFIOS COM O CULTIVO PROTEGIDO:

- Falta de qualificação de mão de obra. Informação/assistência técnica para o produtor implementar o sistema; reflexo da necessidade de pesquisas com a temática;
- Maior investimento de implantação;
- A limitação a rotação de áreas por conta da estrutura – prática necessária para amenizar a ocorrência de doenças no solo;
- Falta de recomendação técnica oficial sobre o uso de defensivos;
- Falta de política ampla de fomento.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, A.U.; PRADO, R.M.; GONDIM, A.R.O.; FONSECA, I.M.; CECÍLIO FILHO, A.B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, 26:292-295, 2008.
- ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, 18: 26-33, 2000.
- BAILLE, M.; BAILLE, A. A simple model for the estimation of greenhouse transmission: influence of structures and internal equipment. **Acta Horticulturae**, 281: 35-46, 1990.
- BRAGA, F.T.; PASQUAL, M.; CASTRO, E.M.; DIGNART, S.L.; BIAGIOTTI, G.; PORTO, J.M.P. Qualidade de luz no cultivo in vitro de *Dendranthema grandiflorum* cv. Rage: características morfofisiológicas. **Ciência e Agrotecnologia**, 33: 502-508, 2009.
- BRZEZINSKI, C. R.; GELLER, A.; ABATI, J; WERNER, F; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Ceres** 64, 2017.
- CABRERA, F. J; BAILLE, A.; LÓPEZ, J. C.; GONZÁLEZ-REAL, M. M.; PÉREZ-PARRA, J. Effects of cover diffusive properties on the components of greenhouse solar radiation. **Biosystems Engineering**, 103:344-356,2009.
- CALVETE, E. O.; TESSARO, F. Ambiente protegido: aspectos gerais. PETRY, C. **Plantas Ornamentais: aspectos para a produção**,24-45, 2008.
- CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos; MANDELL, F. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43: 441-447, 2008.
- CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. Princípios de hidroponia. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica**(INFOTECA-E), 2000.
- CHANG, J.; WU, X.; WANG, Y.; MEYERSON, LA, GU, B.; MÍN, Y., GE, Y. O cultivo de hortaliças em estufas plásticas aumenta os serviços ecossistêmicos regionais além do suprimento de alimentos? **Fronteiras em Ecologia e Meio Ambiente**, 11: 43-49, 2013.
- COBAPLA - Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura. Relatório de atividades 2017. Disponível em:<<http://cobapla.com.br/index.php/institucional/atividades-do-cobapla>>Acessado em: 29 nov. 2018.
- CORRÊA, R.M.; PINTO, S.I.C.; REIS, E.S.; CARVALHO, V.A.M. Hydroponic production of fruit tree seedlings. **In: ASAO T (Ed.) Hydroponics - A standard methodology for plant biological researches**, 225-244, 2012.

- COSTA, A.G.; CHAGAS, J.H.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47: 534- 540, 2012.
- COSTA, E.; LEAL, P. A.; CARMO JÚNIOR, R. D. Modelo de simulação da temperatura e umidade relativa do ar no interior de estufa plástica. **Engenharia Agrícola**, 24:57-67,2004.
- COSTA, M.F.C.; SEABRA JÚNIOR, S., ARRUDA, R.; G. Batista, B.S Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, 32:1 2011.
- CUNHA, A.R.; ESCOBEDO, J.F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**,11: 15-27, 2003.
- DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, 2003. 118 p.
- DIAS, D. **Cultivo protegido em estufas**. 2017.Disponível em: <<http://pindorama.org.br/wp-content/uploads/2017/06/Estufa-Apostila.pdf>>. Acessado em 18 nov.2018.
- DOS REIS, N. V. Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica**(INFOTECA-E) 2005.
- DUARTE, S. N.; DA SILVA DIAS, N.; TELES FILHO, J. F. RECUPERAÇÃO DE UM SOLO SALINIZADO DEVIDO A EXCESSO DE FERTILIZANTES EM AMBIENTE PROTEGIDO. **Irriga**, 12:422-428.2018.
- FIGUEIREDO, G. Panorama da produção em ambiente protegido. Casa da agricultura, produção em ambiente protegido.**Revista casa da Agricultura**,2: 10 – 12, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2008, 412p.
- GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**15: 163-165, 1997.
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido I: efeito na temperatura e na umidade do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**,12: 9-17, 2004.
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14: 645-652, 2010.
- HENRIQUE P.C.; ALVES J.G.; DEUNER S.; GOULART P.F.P.; LIVRAMENTO D.E. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,46: 458-465, 2011.

- LENHARDT, E. R.; CASSOL, S. P.; GABRIEL, V. J. Comportamento agrônômico do tomate em ambiente protegido. **Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, 2, 2017.
- LUZ, J.M.Q.; ZORZAL FILHO, A.; RODRIGUES, W.L.; RODRIGUES, C.R.; QUEIROZ, A.A. Adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e cálcio na produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**, 27:543-548, 2009.
- MAX, J. F. J.; SCHURR, U.; TANTAU, H.J.; MUTWIWA, U. N.; HOFMANN, T.; ULBRICH, A.- Horticultural Reviews. John Wiley e Sons, Inc. **Greenhouse Cover Technology**. 2012.
- MEIRA, M.R; MARTINS E.R; MANGANOTTI A.S. Crescimento, produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis*) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**,14: 352-357, 2012.
- MULDERIJ, R.**Overview global tomato market**. Disponível em:<<https://www.freshplaza.com/article>>. Acessado em: 10 nov.2018
- NETO, J. S. P.; MINÁ, A. J. S.; DE SOUZA, C. B.; NETO, J. P. L. Casa de vegetação rústica para agricultura familiar. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9: 355-363, 2014.
- NOMURA, E.S.; LIMA, J.D.; RODRIGUES, D.S; GARCIA V.A; FUZITANIL E.J; SILVA S.H.M. Crescimento e produção de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. **Ciência Rural**. 39:1394-1400, 2009.
- PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Ceres**, 59: 1.2012.
- PEREIRA, A.R.;ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia - **Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente protegido**. 2006. Disponível em: Horticultura Sustentável.<https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Passos/publication/> Acessado em: 15 nov.2018.
- RADIN, B. **Eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes**. Tese DoutoradoPorto Alegre: UFRGS, 2002. 124p.
- RAMPAZZO, R.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, S. M. A.; FERREIRA, R. F. Eficiência de telas termorrefletoras e de sombreamento em ambiente protegido tipo telado sob temperaturas elevadas. **Engenharia na Agricultura** 22: 33-42, 2014.
- REIS, L. S.; DE SOUZA, J. L.; DE AZEVEDO, C. A.; LYRA, G. B.; JUNIOR, R. A. F.; DE LIMA, V. L. Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 16:7.2012.
- ROBERTO, S. R.; COLOMBO, L. A.; ASSIS, A. M. de. Revisão: Cultivo Protegido em viticultura. **Ciência e Técnica Vitivinícola**,26, 2011.

- SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SOARES, T. M.; DANTAS, R. M. L.; SILVA, M. M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica** 42:319-326, 2011.
- SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, 8:83- 93, 2010.
- SILVA, B. A.; SILVA, AR da; PAGIUCA, L. G. Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva. **Hortifruti Brasil**, 1:10-18, 2014.
- SILVA, J. M.; FERREIRA, R. S.; DE MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; & GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 17: 1, 2013.
- SILVA, J. C. B. V.; LIMA, N.; OLIVEIRA, V. Estufa ecológica: uso do bambu em bioconstruções. **CPRA**.2011.
- SILVA, F., DE S, L.; CARLOS, J. G.; BARROS, A. C.; DA SILVA, E. M.; DUARTE, S. N.Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17: 1173-1180, 2013.
- STANGHELLINI, C.; DAI, J.; KEMPKE, F. Effect of near-infrared-radiation reflective screen materials on ventilation requirement, crop transpiration and water use efficiency of a greenhouse rose crop. **Biosystems Engineeringm**, 110: 261-271, 2011.
- WAAIJENBERG, D. DESIGN. Construction and maintenance of greenhouse structures. **Acta Horticulturae**, 710: 31-42, 2006.

CAPÍTULO 7

CONCEITOS E PRINCÍPIOS PRÁTICOS DA AGROFLORESTA SUCESSIONAL BIODIVERSA (AGRICULTURA SINTRÓPICA)

Lorena Abdalla de Oliveira Prata Guimarães

Guilherme Carneiro de Mendonça

1. INTRODUÇÃO

A agrofloresta sucessionalbiodiversa, também denominada de agrofloresta sucessional ou agricultura sintrópica, é um tipo de sistema agroflorestal que tem a sucessão ecológica como a mola mestra e seu manejo imita a sucessão de uma floresta nativa (PENEIREIRO, 2003). A agricultura sintrópica, nome mais popular do sistema, tornou-se mundialmente conhecida a partir de 2015, após a publicação dos vídeos “*Life in Syntropy*” e “*From Garden to Forest*” em alguns sites de compartilhamento de vídeos.

A agricultura sintrópica é uma proposta mais avançada de sistema agroflorestal, no que diz respeito à sua estruturaefunção. Os seus princípios foram construídos peloagricultor-pesquisador suíço ErnstGötsch,sendoencontradas experiências promissoras noCerrado, na Caatinga, na Mata Atlântica e na Amazônia (MICCOLIS et al., 2016). Foi apenas em 2013 que Götsch cunhou o termo “agricultura sintrópica” como título definitivo, que define um dos princípios fundamentais de sua agricultura, que visa ao balanço energético positivo, medido pelo aumento da quantidade de vida consolidada e favorecimento dos processos de sucessão (PASINI, 2017).

Uma das diferenças mais marcantes entre a agrofloresta sucessional e os sistemas convencionais de cultivo é que a primeira busca praticar uma agricultura que trabalha com processos (de vida e biogeoquímicos), e não com insumos.A intenção por trás do seu manejo é imitar o funcionamento de um ambiente submetido às dinâmicas da sucessão natural (PASINI, 2017), diferindo a agrofloresta sucessional de outros sistemas agrícolas (tanto os convencionais quanto os alternativos, incluindo a agricultura orgânica).Ao trabalhar com os processos da vida, a agrofloresta sucessional permite que as espécies com diferentes nichos, capacidades ou funções cooperem para a melhoria constante do ambiente.

No Brasil, há grande descaso e descrédito com os sistemas agroflorestais. Entre as causas, destacam-se a falta de conhecimento e os casos de insucesso - geralmente associados ao manejo inadequado do sistema. É comum o argumento de que as agroflorestas são muito boas e eficientes ambientalmente,mas não servem para “ganhar dinheiro” e alimentar a população em crescimento. Com relação à rentabilidade, sabe-se que um grande benefício das agroflorestas é a diversificação da produção. Contudo, ainda é preciso investigar as práticas de manejo que tornam o sistema mais rentável e valorar os benefícios ambientais que resultam em menor custo de produção e produtividades mais estáveis. Quanto à alimentação da população em crescimento, deve-se questionar onde está o problema: na quantidade produzida ou no acesso a alimentos de qualidade e com diversidade? Os pacotes tecnológicos atuais

garantem grandes produtividades, com recordes sendo batidos todos os anos, mas ainda há fome no Planeta.

Estudos da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2011) revelam que aproximadamente um terço dos alimentos produzidos no mundo para consumo humano (aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas) é perdido ou desperdiçado todo ano. Raízes, tubérculos, frutas e verduras são os alimentos com as maiores taxas de desperdício: quase a metade de tudo o que é produzido no mundo (45%) é desperdiçado. Obviamente, além da perda de alimentos, há também o desperdício dos recursos utilizados na produção, como terra, água, energia e insumos, além das emissões de gases de efeito estufa em vão.

Na contramão do discurso de que é preciso aumentar as produtividades para alimentar a população em crescimento, os dados apresentados por Bombardi (2017) revelam que o Brasil tem diminuído a área plantada com as principais culturas alimentares brasileiras - arroz, feijão, mandioca e trigo. Essas áreas estão dando lugar ao plantio de soja e cana-de-açúcar. Atualmente, a soma das áreas de cultivo dessas culturas alimentares é inferior àquela ocupada com cana-de-açúcar. Metade da área cultivada com soja equivale à soma das áreas de cultivo de arroz, feijão, mandioca, trigo e cana-de-açúcar.

Embora ainda não esteja amplamente difundida no meio científico, a agrofloresta sucessional tem promovido importantes mudanças nos paradigmas da agricultura brasileira desde a década de 80, quando agricultores influenciados por ErnstGötsch começaram a praticá-la e difundi-la em diversas regiões do Brasil. É interessante destacar que a popularização da agrofloresta sucessional tem ocorrido por meio de um processo atípico: a massificação das redes sociais e a busca por sistemas produtivos mais pragmáticos, com geração de renda em curto prazo. Esse processo de popularização tem ocorrido a despeito da influência acadêmica ou do mercado.

Pouco enfoque tem sido dado à agrofloresta sucessional no meio acadêmico e nas pesquisas, apesar da grande demanda por resultados científicos que validem os seus métodos para as diferentes condições edafoclimáticas e culturais brasileiras. As pesquisas científicas podem contribuir com ajustes no manejo das agroflorestas em função das características edafoclimáticas e das culturas de importância econômica locais e da mão de obra e tecnologias disponíveis. Há diversas lacunas do conhecimento que caracterizam um campo amplo para as pesquisas brasileiras.

Em 2016, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) iniciou uma série de estudos que visam a avaliar a qualidade ambiental e a viabilidade econômica das agroflorestas sucessionais. As pesquisas também envolvem estudos dos impactos sociais do sistema, com enfoque no problema da falta de sucessão familiar e do envelhecimento da população no meio rural. Nesse caso, estudos são realizados para compreender as mudanças nas percepções dos jovens que participam dos projetos de agrofloresta sucessional sobre a agricultura convencional e as práticas sustentáveis. Contudo, não é objetivo deste capítulo apresentar os resultados dos projetos desenvolvidos pelo Incaper ou outras instituições. Alguns resultados, apesar de promissores, são incipientes, requerendo maior tempo de investigação e análise. Por ser um tema científico relativamente novo, neste capítulo optou-se por focar nos conceitos e práticas que regem a AS.

Portanto, o objetivo deste capítulo é apresentar os conceitos e princípios práticos que regem o arcabouço teórico da agrofloresta sucessional biodiversa (AS). O conteúdo, obviamente, não esgota as informações sobre o tema. Para mais informações acerca dos princípios filosóficos da AS, sugerem-se os trabalhos de Pasini (2017) e Rebello (2018). Sobre a vivência e prática com AS, recomendam-se os trabalhos de Corrêa Neto et al. (2016) e Miccolis et al. (2016). Há, também, diversos materiais disponíveis na internet com propostas de arranjos agroflorestais. Alguns exemplos são apresentados resumidamente no item 4 deste capítulo.

2. CONCEITOS

A AS é um tipo de sistema agroflorestal desenvolvido pelo suíço Ernst Götsch. Götsch é um agricultor e pesquisador por natureza, que migrou para o Brasil no começo da década de 80 e se estabeleceu em uma fazenda na Bahia. Desde então, vem desenvolvendo princípios e técnicas que integram produção de alimentos à dinâmica de regeneração natural de florestas (ANDRADE; PASINI, 2014). O sistema resulta de mais de 40 anos da vivência prática de Götsch, período no qual agricultor-pesquisador realizou centenas de experimentos de tentativa e erro até concluir o que seriam as bases da AS (PASINI, 2017).

O termo “sintropia” tem a mesma etimologia grega da palavra “entropia”. Na Termodinâmica, entropia é a medida da desordem das partículas em um sistema. O que se refere à perda de energia e à desorganização do sistema é explicado pela entropia. Um exemplo simples e claro é o derretimento de um cubo de gelo, no qual a água passa do estado sólido para o líquido. Nesse caso, o calor fornecido pelo ambiente altera as ligações entre as moléculas de água, de forma que essas moléculas passem, gradualmente, do arranjo mais ordenado e rígido do gelo para a forma mais desordenada e fluida da água. A desordem das partículas aumenta quando o gelo está derretendo (aumento da entropia); a desordem das partículas diminui quando a água passa do estado líquido para o sólido, formando o gelo (redução da entropia).

Diversos fenômenos da natureza são naturalmente irreversíveis e não retornam à sua forma ou estado inicial de maneira espontânea. Uma pedra pode, por gravidade, rolar morro abaixo espontaneamente, mas não o sobe sozinha sem que alguém ou algo a lance para cima; o perfume que evapora (após a quebra do recipiente onde ele estava contido) não retorna à sua forma líquida espontaneamente. Os processos inversos só ocorreriam, portanto, se alguma energia externa fosse fornecida. Em outras palavras, não é possível trazer o sistema de volta à sua configuração inicial sem que o meio reponha a energia dissipada inicialmente no processo de aumento da entropia.

Por outro lado, sistemas vivos evoluem para estruturas cada vez mais complexas e, conseqüentemente, a sua entropia diminui até determinado momento da vida. 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. O aumento da organização das partículas e da energia acumulada no sistema é chamada de negentropia, entropia negativa ou, ainda, sintropia. Em suma, enquanto a entropia rege as transformações termodinâmicas que liberam energia, a sintropia

acumula e organiza energia em suas ligações e processos, o que resulta em diferenciação e complexidade (PASINI, 2017).

A sintropia se relaciona diretamente com a sucessão natural e, desse modo, a AS é baseada nos processos naturais de formação das florestas. O objetivo é aproximar os sistemas agrícolas dos ecossistemas naturais. Isso só é possível com o aumento de recursos e de energia disponíveis, como o aumento da quantidade e da qualidade de vida consolidada, tanto em nível local quanto no planeta por inteiro, como Götsch costuma dizer.

Para Götsch, a Terra (ou a vida no planeta Terra) se organiza de forma análoga a um organismo vivo. Cada consórcio de plantas, com suas características e funções sucessionais intrínsecas, se assemelha em funcionalidade a uma célula de um ser vivo. Ambos, consórcios de plantas e células vivas, são responsáveis tanto pela estrutura física ao longo do tempo quanto pela gestão da informação contida em seus sistemas (PASINI, 2017).

O sistema desenvolvido por Götsch, apesar de todo o arcabouço filosófico e científico, não surgiu na academia. Götsch conduz seus experimentos desvinculado de instituições formais de pesquisa. Seu trabalho ainda está pouco enquadrado, mensurado ou explicado pela ciência e pela pesquisa experimental.

Alguns métodos e práticas da AS se assemelham a princípios utilizados em outros sistemas, como permacultura e agrofloresta regenerativa. Contudo, algumas práticas agrícolas habitualmente elencadas como sustentáveis são confrontadas pela AS (Tabela 1). Se por um lado a base do sucesso da AS encontra fundamento na ciência existente, o que parece ser a “invenção” e a novidade de Götsch são a sequência e o encadeamento, no tempo e no espaço, de métodos e práticas já conhecidos pela ciência e pela agricultura (PASINI, 2017). Comparações entre a AS e outros sistemas de produção, como agricultura orgânica, agricultura regenerativa, agricultura natural, agricultura biológica, sistemas agroflorestais tradicionais e biodinâmica, podem ser encontradas em Pasini (2017).

Tabela 1. Práticas agrícolas elencadas como sustentáveis e a visão da agrofloresta sucessional sobre elas

Práticas sustentáveis	Visão da agrofloresta sucessional (AS)
Uso de fertilizantes orgânicos	Em situações onde há desequilíbrio entre as condições de solo e as espécies cultivadas, pode valer-se de adubação orgânica, apenas para dar um primeiro impulso na sucessão natural. Depois, o sistema deve ser apto a realizar processos que gerem um saldo suficiente para sua manutenção. A AS tende à exclusão de adubos externos.
Distúrbio mínimo do solo	O distúrbio (preparo) do solo é a intervenção agrícola mais severa e deve ser evitada. Para isso, a AS se vale de consórcios completos e da sucessão natural para garantir ciclos de colheita ao longo do tempo e do espaço.
Irrigação mínima	Mesma lógica do uso de fertilizantes. Na AS, a irrigação deve ser mínima para que as plantas sejam estimuladas a se adaptar e prosperar naquelas condições, até que o sistema consiga tanto criar seus ciclos de água quanto reter umidade

	no solo.
Controle natural de pragas e doenças	A AS não inclui nenhum conceito relativo a pragas e doenças. Estas são vistas como indicadoras de falhas no planejamento ou manejo, que acabam levando o sistema à crise.
Rotação e consórcios de culturas e sistemas agroflorestais	O critério fundamental da AS é a sucessão natural, com inclusão de espécies de todo ciclo sucessional.

Fonte: PASINI (2017).

3. PRINCÍPIOS PRÁTICOS

3.1. ALTA BIODIVERSIDADE

A alta diversidade de espécies vegetais é uma característica marcante da AS. A escolha das espécies que compõem o sistema segue a dinâmica e a lógica da sucessão natural, ou seja, não se trata apenas de trabalhar com rotações de culturas ou consórcios de plantas (PASINI, 2017). Os consórcios, assim como na natureza, devem ser o mais diversificado possível, contendo espécies de todas as etapas sucessionais, a caminho do clímax da vegetação natural do local (GÖTSCH, 1997). O bom funcionamento do agroecossistema está intimamente ligado à completa composição dos consórcios, o que possibilita aproveitar os espaços vertical e horizontal e as interações benéficas entre as espécies.

Estudos mostram que a diversificação dos sistemas produtivos é favorável ao controle biológico natural de pragas, diminuindo as populações de insetos herbívoros, e pode dificultar a localização das plantas hospedeiras por esses insetos (RISCH et al., 1983; TOGNI et al., 2009). Os monocultivos, ao contrário, expõem as culturas na paisagem e favorecem a localização das plantas e, por isso, ocorre um rápido crescimento populacional dos insetos herbívoros, levando-as a se tornarem pragas (TOGNI et al., 2009). Risch et al. (1983) verificaram que 53% de espécies de insetos herbívoros foram menos abundantes em sistemas diversificados.

As espécies são selecionadas para cumprir diferentes funções no sistema, não apenas para o retorno econômico, como acontece nos cultivos convencionais. Algumas espécies 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 por meio do manejo (podas e desbastes). GÖTSCH cita em seu livro “Homem e natureza: cultura na agricultura”:

“Por exemplo, se tu queres cultivar feijão e milho, planta também a cana e umas laranjeiras, além de muitas outras espécies. Isto significa plantá-las todas juntas, ao mesmo tempo e no mesmo lugar. Nesse consórcio de milho, feijão e outras espécies, cabe ainda, por exemplo, bananeiras, capim elefante, mandioca, inhame, pimenta malagueta, sapoti, leucena, mulungu,

sapucaia, mangueira e ainda pimenta do reino nas árvores altas do futuro. Cada espécie contribuirá para completar o consórcio e para que todas as outras prosperem melhor” (GÖTSCH, 1997).

Além das espécies de valor econômico e daquelas utilizadas para as podas periódicas, algumas podem (e devem) ser introduzidas para cumprir outras funções ecológicas. Um exemplo são as espécies que fixam o nitrogênio atmosférico (N₂) por meio de associações simbióticas com bactérias, como acácia mangium, jacarandá-da-baía, gliricídia, leucena e crotalárias. Silva et al. (2004) citam que, entre os microrganismos simbióticos que fixam nitrogênio associado com raízes de plantas, destacam-se aqueles dos gêneros *Rhizobium* (coloniza nódulos de raízes de leguminosas), *Frankia* (presente em nódulos de raízes de não leguminosas) e *Azospirillum* (em grama-batatais, cana-de-açúcar, milho, arroz e sorgo) e a espécie *Azotobacterpaspali* (em grama-batatais).

Há ainda espécies que podem ser plantadas para fornecer outros serviços ao agroecossistema. Alguns exemplos são as espécies que atraem polinizadores e inimigos naturais, espécies para a produção de madeira e aquelas que repelem pragas. A laranjeira, por exemplo, além de frutos com valor econômico, suas flores são altamente atrativas para as abelhas *Apis mellifera* (SOUZA et al., 2007). Quanto às espécies madeireiras, estas podem ser introduzidas para fornecer madeiras em médio prazo, como a garapa, ou madeiras mais nobres, como ipês, mogno, jequitibá, jacarandá, cedro, peroba-rosa, jatobá e outras.

Obviamente, uma mesma espécie pode desempenhar várias funções no agroecossistema. A gliricídia, além de fixadora de N₂, exerce grande atração de polinizadores. A jaca fornece frutos, sementes, matéria orgânica e madeira para marcenaria. Espécies arbóreas, como eucalipto e acácia mangium, além da produção de biomassa para a cobertura do solo, servem para sombrear as demais espécies, como café, cacau e cupuaçu, que toleram ou preferem ambientes mais sombreados. Fato é que a utilização de alta biodiversidade aumenta as possibilidades de interações e dá a oportunidade de escolha de qual espécie permanecerá no sistema, em função da sua adaptação e dos serviços fornecidos.

Na AS, o plantio via sementes é o mais recomendado, ficando a utilização de mudas apenas para algumas espécies comerciais. Por utilizar plantios em altas densidades, o preço das mudas eleva os custos de implantação. Além disso, a liberdade de realizar as podas e os desbastes, que são práticas comuns na AS, seria limitada por causa da utilização de mudas caras. Por fim, a utilização de muitas sementes possibilita a escolha de indivíduos mais vigorosos. A jaca, o abacate, a manga e o cajá, por exemplo, podem ser semeados próximos uns aos outros e ao mesmo tempo, com mais de uma semente por espécie, possibilitando a escolha dos indivíduos que ficarão no sistema.

3.2. ESTRATIFICAÇÃO

Na AS, em vez de competirem, as espécies cooperam umas com as outras, se plantadas nos seus devidos momento e espaço. O momento refere-se ao princípio da sucessão, descrito adiante. O espaço

(chamado de estrato na AS) está relacionado à demanda por luz de cada espécie em sua fase adulta, fazendo com que ela ocupe uma determinada posição nas florestas naturais. Quando respeitamos a ecofisiologia das plantas, evitamos que as mesmas entrem em estresse, o que é uma das causas para a ocorrência de doenças e pragas (REBELLO, 2018).

A estratificação, entendida como a ocupação do espaço vertical da agrofloresta, é a estratégia para eliminar a competição por luz entre as plantas. A posição vertical que cada espécie ocupa dentro de um consórcio agroflorestal é determinada com base em suas características ecofisiológicas e morfológicas, como exigência por luz, altura e ciclo de vida. Desse modo, de maneira semelhante à classificação de florestas naturais, as espécies são classificadas em estratos (andares) denominados baixo, médio, alto e emergente, sendo o último o topo da agrofloresta. É possível também aproveitar o espaço abaixo das espécies de estrato baixo, o que seria o estrato rasteiro. As agroflorestas são planejadas para se ter, em cada etapa da sua vida, plantas ocupando os diferentes estratos (PENEIREIRO, 2003).

A estratificação permite maior ocupação da área, maximizando o uso da luz solar pelas plantas e, portanto, aumentando a fotossíntese e a produção de biomassa por área. Além de eliminar a competição por luz, a estratificação favorece a cooperação entre as espécies. Aquelas que são mais exigentes por luz devem ocupar as posições superiores da agrofloresta, enquanto as que toleram ou preferem ambientes mais sombreados (estratos mais baixos) são beneficiadas pela cobertura proporcionada pelas plantas nos estratos superiores.

Os consórcios das fases iniciais de uma agrofloresta, com seus diferentes andares de ocupação, criam as condições de sombra necessárias para as mudas jovens das árvores - estas geralmente introduzidas por sementes. Enquanto 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 naquela área (PASINI, 2017).

O plantio de café, limão, abacate e eucalipto exemplifica a estratificação dentro de um consórcio. Nesse caso, o café ocuparia o estrato baixo; o limão, o médio; o abacateiro, o alto; e o eucalipto, o emergente. Considerando um consórcio formado principalmente com hortaliças, alface e rúcula ocupariam o estrato baixo, brócolis ocuparia o médio, tomate e quiabo, o alto, e milho, o emergente. Em uma agrofloresta de seis meses, por exemplo, 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 agrofloresta clímax, o abacaxi ocuparia o estrato baixo; o limão-cravo, o médio; o ingá e a jaca, o alto; e a palmeira-juçara e o jatobá, o emergente.

A experiência com a AS permitiu a Götsch propor a ocupação de cada estrato, considerando o percentual de área sombreada, de modo a garantir o acesso à luz por todos os andares do sistema ao longo do ano (Tabela 2). Além disso, foi feito um grande esforço por alguns colaboradores da AS para classificar os estratos das espécies agrícolas e florestais e disponibilizar materiais técnicos com essas informações. Uma compilação desses materiais é apresentada na Tabela 3, que traz diversas espécies utilizadas nos sistemas sintrópicos brasileiros.

Tabela 2. Percentual da área sombreada pelas espécies que compõem os estratos das agroflorestas sucessionais

Estrato	Percentual de área sombreada (ocupada) (%)
Emergente	15 – 25
Alto	30 – 40
Médio	50 – 60
Baixo	80 – 90
Rasteiro ou regeneração nova	10 – 20
Total de ocupação da área	185 – 235

Fonte: Pasini (2017).

3.3. SUCESSÃO

Na literatura da ciência florestal, existe uma tendência em se separar as espécies herbáceas das arbóreas quanto à classificação do estágio sucessional, dando especial importância às arbóreas (SILVA, 2002). Os estudos sobre sucessão ecológica classificam somente as espécies arbóreas segundo os 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). Os seres vivos, por meio de processos naturais, promovem o aumento da quantidade e da qualidade de vida consolidada (VAZ, 2017). Dessa forma, a classificação sucessional das espécies, como Götsch propõe, está relacionada à qualidade do ambiente e às funções desempenhadas pelas espécies na sucessão das agroflorestas.

Os consórcios ou grupos de plantas se sobrepõem no tempo e no espaço. Assim, um grupo dá lugar a outro quando o primeiro completa o seu ciclo de vida e isso ocorre em um processo dinâmico (GÖTSCH, 1996). A esse processo dá-se o nome de sucessão. A sucessão ocorre entre os grupos e dentro de cada grupo de espécies. Neste último caso, uma espécie completa seu ciclo e dá espaço a outra de ciclo mais longo.

Na agricultura convencional, o frequente preparo do solo (fertilização e preparo mecânico) 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 permanente da área em fase de clareira (etapa inicial de 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, ou entrópicos (PASINI, 2017; VAZ, 2017)

A sucessão proposta por Götsch resume-se no estabelecimento de consórcios sucessivos e, para isso, é necessário compreender a dinâmica espacial e temporal das espécies em condições naturais. Em cada consórcio, é recomendável que sejam introduzidas plantas que pertençam aos diferentes estratos e que tenham ciclos de vida e alturas distintos. Diversas combinações de espécies podem ser utilizadas, o que

dependerá, principalmente, das demandas de mercado, da disponibilidade de mudas, sementes e mão de obra e das condições edafoclimáticas locais.

Tabela 3. Estratos propostos na agrofloresta sucessional para algumas espécies agrícolas e florestais em sua fase adulta

Estrato	Espécies
Emergente	Acácia mangium, andiroba, buriti ^{1/} , cajá ^{1/} , caju, cana-de-açúcar, castanha-do-pará, castanheira, cedro-australiano, cinamomo, coco, crotalária ^{1/} , eucalipto, girassol ^{1/} , guapuruvu, ipê, jatobá, jequitibá, palmeira-juçara ^{1/} , mamão, milho, mogno ^{1/} , pequi, peroba-rosa, pupunha, quiabo ^{1/} , samaúma, tamboril
Alto	Abacate ^{2/} , abiu ^{2/} , açaí, acerola, ameixa vermelha, amora, araçá ^{2/} , araribá, aroeira, banana ^{2/} , barú, berinjela, biribá ^{2/} , brócolis ^{2/} , cagaita ^{2/} , cambucá ^{2/} , canela, caqui, cebolinha, cedro, cereja-do-rio-grande, chuchu, coentro ^{2/} , copaíba, couve, couve-flor ^{2/} , cupuaçu ^{2/} , fedegozão, feijão-de-corda, feijão-guandu, figo, fruta-pão, gliricídia, goiaba, graviola ^{2/} , guabiroba ^{2/} , ingá, jabuticaba ^{2/} , jaca, jacarandá, mimoso, jambo ^{2/} , jamelão, jerivá, jiló ^{2/} , lichia ^{2/} , limão-taiti ^{2/} , maçã, laranja ^{2/} , macadâmia ^{2/} , mandioca, manga, mangaba, manjeriço, maracujá, milheto, mogno, mutamba, nêspera ^{2/} , oliveira, pata-de-vaca, pera, pêsego ^{2/} , pimenta dedo-de-moça, pimentão ^{2/} , pinha ^{2/} , pitaiá, pitanga ^{2/} , repolho, romã, sapucaia, seriguela, seringueira, sorgo, tangerina ponkan ^{2/} , tomate ^{2/} , videira
Médio	Abóbora ^{3/} , abobrinha-de-tronco, alface, alho-poró, almeirão-roxo, araçá-boi, arroz ^{3/} , batata, cabeludinha ^{3/} , cambuci, cebola, cenoura, espinafre, feijão ^{3/} , grumixama, ingá-de-metro, inhame ^{3/} , limão-cravo (rosa), louro, mandioquinha-salsa, mangostão, nabo-forrageiro, pepino ^{3/} , pimenta malagueta, rabanete, rúcula, urucum, uvaia
Baixo	Abacaxi, açafraão, agrião, amendoim, bacupari miúdo, batata-doce, cacau, café, feijão-de-porco, gengibre, hortelã, lima, melancia, melão, salsinha, taioba

^{1/} Também classificada como estrato Alto ou estrato Alto para Emergente. ^{2/} Também classificada como estrato Médio ou estrato Médio para Alto. ^{3/} Também classificada como estrato Baixo ou estrato Baixo para Médio.

Pasini (2017) descreve os três momentos do percurso sucessional preconizado por Götsch, por ele denominados de Sistemas de Colonização, Sistemas de Acumulação e Sistemas de Abundância. De acordo com Pasini (2017), esses sistemas se distinguem principalmente com relação às formas de vida presentes em cada um deles, aos processos predominantes em cada caso e à quantidade e distribuição de alguns nutrientes, como carbono, nitrogênio e fósforo:

Sistemas de Colonização: Não diferem do que é descrito pela ecologia como sucessão primária, na qual a rocha (substrato) é colonizada por bactérias, fungos, protozoários e líquens, que são microrganismos

Conceitos e Princípios Práticos da Agrofloresta Sucessional Biodiversa

mais abundantes do planeta e estão presentes na atmosfera, no solo, nas águas, na maioria dos organismos e também em ambientes extremos, inóspitos para outras formas de vida. Ao longo do tempo, as interações entre organismos e ambiente produzem grande diversidade de compostos orgânicos, cada vez mais complexos e estáveis, tanto pelas associações entre si quanto pelos minerais disponíveis. Os primeiros solos são formados na medida em que o ambiente acumula substrato orgânico em quantidades suficientes para que propágulos de formas mais complexas de vida consigam se estabelecer.

Sistemas de Acumulação: São posteriores aos Sistemas de Colonização. Os Sistemas de Acumulação acumulam carbono para chegar no ótimo de sua eficiência, mantendo níveis baixos de nitrogênio (alta relação entre carbono e nitrogênio - C/N -, que se traduz em lenta ciclagem de nutrientes) e pouca presença de fósforo disponível. Predominam as espécies com sementes majoritariamente ortodoxas, são habitats de pequenos animais e espécies vegetais fibrosas ricas em lignina, que não alimentam animais de médio e grande porte.

Sistemas de Abundância (ou Escoamento): Essa é a última fase do trajeto sucessional proposto por Götsch. Nessa fase, o ecossistema já tem capital natural acumulado suficiente para gerar excedentes. Observam-se maiores concentrações de N (baixa relação C/N, que acelera a ciclagem dos nutrientes) e P no sistema. Enquanto nos Sistemas de Acumulação o P encontra-se imobilizado por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, nos Sistemas de Abundância ele se faz presente na forma disponível graças à atividade microbiológica. A presença de P é, portanto, um indicador de habitat de animais de médio e grande porte, pois o P abundante é indispensável para a reprodução e frutificação da vegetação e para o transporte de energia nos animais. Os Sistemas de Abundância favorecem espécies de frutos com sementes majoritariamente recalcitrantes, folhas tenras e presença de ciclos hidrológicos completos.

No Sistema de Acumulação, temos um solo pobre em fertilidade e estrutura, ácido, com o P fixado e o Al disponível, este podendo atingir níveis tóxicos para muitas espécies. As agroflorestas precisam ser iniciadas com espécies que consigam crescer em solos pobres e ácidos, geralmente com restrições hídricas. Nessas condições, só as espécies do Sistema de Acumulação se desenvolvem bem - espécies que têm relação C/N mais alta, rústicas, com folhas mais coriáceas e que praticamente não produzem frutos para mamíferos de porte grande. Alguns exemplos são eucalipto, acácia mangium, embaúba, guapuruvu, margaridão, braquiárias, estilosantes e feijão-de-porco.

O destino de uma agrofloresta, independente das condições ambientais iniciais, é atingir o Sistema de Abundância. Quando iniciamos em um Sistema de Acumulação, podemos plantar espécies que seriam naturalmente da fase de Abundância, como as frutíferas comerciais. Porém, necessitamos de insumos externos (adubos, calcário, pó de rocha e outros), pois o solo e o ambiente não estão adequados para receber essas espécies (REBELLO, 2018). Ao contrário das agriculturas convencional e orgânica, a necessidade de insumos externos na AS diminui com o tempo e as espécies vão se sucedendo à medida que o sistema se aproxima do Sistema de Abundância (REBELLO, 2018).

É importante destacar que iniciamos a agrofloresta plantando todas as espécies de todos os Sistemas (Acumulação e Abundância) e estratos. Contudo, se o solo tiver boa fertilidade e teores de matéria orgânica, não há necessidade de plantar espécies do Sistema de Acumulação. Nesse caso, podemos iniciar

a agrofloresta com espécies do Sistema de Abundância, como cacau e café (estrato baixo), cupuaçu, citros, mangostão e pêssigo (estrato médio), abacate, jaca, acerola, açai e baru (estrato alto), cajá, castanheiras, palmeira-juçara e pupunha (estrato emergente).

Com a agrofloresta formada, não é mais possível introduzir espécies que precisam de maiores luminosidades, como milho, quiabo e hortaliças. Para produzir essas espécies, é necessário abrir clareiras na agrofloresta, da mesma forma como ocorre nas florestas (por meio de distúrbios naturais, como a queda de árvore), com a vantagem de que a qualidade e a atividade biológica do solo agora são muito superiores ao estado inicial.

3.4. COBERTURA DO SOLO

Outro princípio da AS é a contínua, abundante e permanente cobertura do solo com a poda de espécies plantadas para esse fim. Entre os possíveis benefícios do aporte de resíduos orgânicos 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 de plantas invasoras.

Pesquisas realizadas pelo Incaper indicam a melhoria da qualidade do solo em apenas 14 meses de implantação da AS, com incrementos nos teores de nutrientes e matéria orgânica, na capacidade de troca catiônica e na atividade microbiana do solo (dados não publicados). As pesquisas indicam, ainda, o potencial do sistema em aumentar as reservas de água no solo e otimizar o uso da irrigação. Utilizando apenas 40% da quantidade de aspersores utilizada no sistema convencional, os níveis de umidade do solo na AS foram similares aos níveis em áreas de monocultivo convencional de hortaliças. Isso significa uma economia de 60% da água utilizada para a irrigação de hortaliças. As pesquisas estão em fase de avaliação e comprovação, mas já indicam o grande potencial da AS em melhorar a qualidade do solo e mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas sobre a agricultura.

Na AS, algumas espécies são introduzidas para a produção de biomassa para cobertura e/ou adubação do solo por meio das podas. Algumas espécies utilizadas para esse fim são: bananeira, eucalipto, acácia mangium, gramíneas (capim Mombaça, por exemplo), gliricídia, ingá, jamelão, munguba ou castanha-do-maranhão, entre outras. Dependendo do nível de degradação do solo, inicia-se o sistema 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).

Eucalipto e acácia mangium, por exemplo, são espécies com grande capacidade de produção de biomassa e *input* de matéria orgânica ao solo. Como são espécies de ecossistemas com pouca disponibilidade de água e nutrientes, se adaptam aos solos pobres e degradados, como os brasileiros (PASINI, 2017). O metabolismo rápido dessas espécies permite o processamento de grande quantidade de energia em um curto período de tempo, mesmo em condições de solos pobres. Sob o ponto de vista da quantidade de biomassa que conseguem produzir e a capacidade de rebrotar após as podas drásticas, essas espécies não deveriam ser consideradas vilãs do meio ambiente.

Uma das maiores dificuldades no início da AS é obter biomassa em quantidade suficiente para cobrir o solo, principalmente no primeiro ano. Normalmente, na fase inicial, essa biomassa vem de áreas externas, procedimento indesejado e dispendioso. Por isso, é muito importante planejar a introdução de espécies de rápido crescimento, elevada produção de biomassa, que tolerem condições edafoclimáticas restritivas e que podem ser podadas em poucos meses. Além dos benefícios para a qualidade edáfica, 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 duas categorias: adubadoras ou de cobertura. As plantas adubadoras são aquelas de rápida decomposição (especialmente nas condições tropicais), de baixa relação C/N e, geralmente, fixadoras de N₂. 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). Alguns exemplos são: gliricídia, leucena, ingá, eritrina, margaridão, crotalária, feijão-de-porco, feijão-guando e mucunas.

As espécies de cobertura são aquelas de decomposição mais lentas, 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 de espécies para a cobertura do solo são a bananeira, o eucalipto e plantas C₄, como capins e milho.

A elevada produção de biomassa, a rápida rebrota, a rusticidade e o baixo custo de aquisição das mudas ou sementes são os principais critérios para a seleção das espécies para as podas. Eucalipto, bananeira, acácia mangium ou algumas gramíneas são os principais exemplos de espécies utilizadas para a cobertura do solo na AS. Outra possibilidade, de grande importância nas fases iniciais das agroflorestas ou para o cultivo de hortaliças (quando ainda não se dispõe de biomassa em quantidade suficiente), são os resíduos de podas urbanas, sobretudo se forem triturados.

4. EXEMPLOS DE ARRANJOS AGROFLORESTAIS

A estratificação e a sucessão devem andar juntas a todo momento nas agroflorestas. A primeira refere-se ao espaço; a segunda, ao tempo. Os arranjos agroflorestais devem ser construídos com base na disponibilidade de recursos e nas demandas locais e levando em consideração a ocupação das espécies no tempo e no espaço (vertical e horizontal). Deve-se considerar a fase da sucessão da espécie (Sistema de Acumulação ou Abundância), o seu ciclo de vida e o estrato na fase adulta. Diversos materiais com propostas de arranjos de AS já estão disponíveis na internet.

Um exemplo de planejamento da agrofloresta no tempo e no espaço são os seguintes consórcios dominantes: milho, feijão, inhame e mandioca (agrofloresta no primeiro ano); abacaxi, mamão, banana e eucalipto (1,5 ano); café, cacau, banana, citros e pupunha (5 anos); café, cacau, cupuaçu, pupunha, açaí, jaca, abacate e cedro (18 anos); café, cacau, cupuaçu, jaca, seringueira, jequitibá e copaíba (40 anos). Vale destacar que os consórcios dominantes se referem à geração de renda em cada momento da

agrofloresta, estando todas presentes nas fases iniciais, incluindo outras não mencionadas que podem ser plantadas para fornecer serviços ambientais.

É importante ressaltar a importância das espécies de ciclo curto, como as culturas alimentares e as hortaliças, na AS. Elas são responsáveis por gerar os primeiros produtos comerciais e a renda já nos primeiros meses de implantação do sistema. É possível que a ausência de culturas agrícolas de ciclo curto nas fases iniciais das agroflorestas tradicionais tenha sido uma das grandes causas da insatisfação de muitos agricultores com o sistema, especialmente aqueles de base familiar.

Na Tabela 4 é apresentado um exemplo de planejamento de arranjo agroflorestal, considerando a produção de alimentos em diferentes épocas e incluindo espécies para fins comerciais e com funções ecológicas. Na Figura 1 é exemplificado um arranjo de AS desenvolvido com sucesso no Cerrado mediante manejo intensivo.

Tabela 4. Exemplo de planejamento de arranjo de agrofloresta sucessional, incluindo espécies para fins comerciais e com funções ecológicas, com base nas abordagens da sucessão e da estratificação desenvolvidas por Ernst Götsch

Estrato	Até 6 meses	1 a 3 anos	3 a 10 anos	10 a 20 anos	20 a 50 anos	+ 50 anos
Emergente	Milho ou sorgo	Mamão	Eucalipto (mourão)	Mutamba (fruto e lenha), carvoeiro (lenha) ou cajá-mirim	Aroeira(mourão), Eucalipto(madeira) e carvoeiro (lenha)	Aroeira (madeira) ou jatobá ou ipê-roxo ou pau-rei
Alto	Feijão de corda ou caupi	Mandioca, guandu ou banana nanica	Ingá (fruto e lenha) ou banana prata	Abacate, aroeira (pimenta-rosa) (fruto), jatobá (fruto)	Manga	Copaíba
Médio	Berinjela e mudas ou sementes de árvores	Mudas de árvores	Urucum ou pitanga	Cítricos	Cítricos	Sapoti
Baixo	Abóbora e mudas ou sementes de árvores	Inhame ou gengibre e mudas de árvores	Açafrão (cúrcuma), taioba ou café	Café	Jabuticaba ou café	Jabuticaba ou café

Fonte: Miccolis et al. (2016).

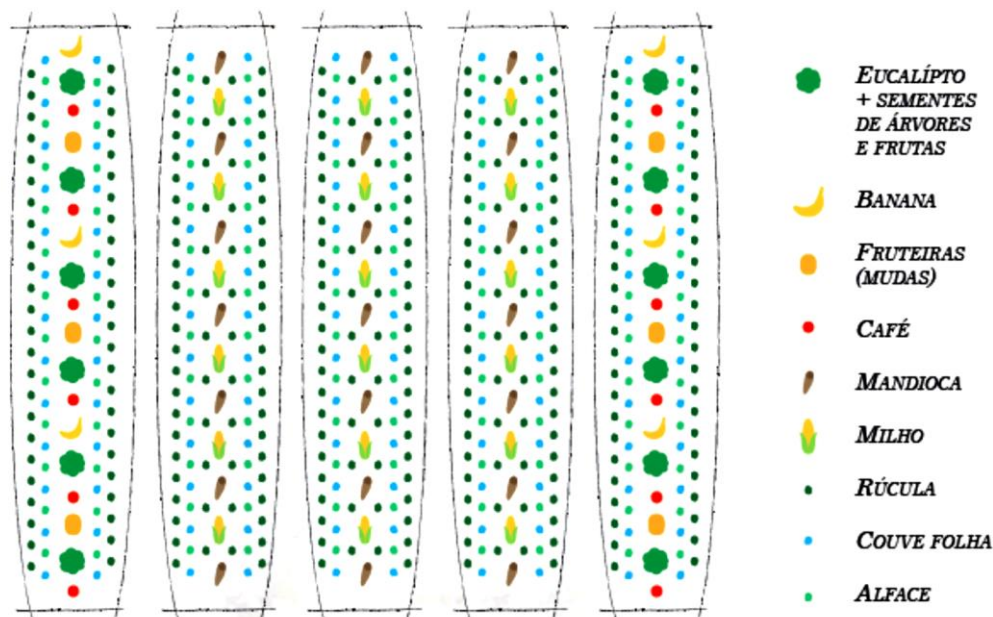


Figura 1. Exemplo de arranjo de agrofloresta sucessional para o Cerrado, mediante manejo intensivo. Espécies plantadas no início do sistema. Fonte: Miccolis et al. (2016).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos sistemas agroflorestais tradicionais, muito erros são cometidos por causa da falta de manejo adequado (como podas e desbastes) e por não serem respeitadas a ecofisiologia e o momento de cada espécie, resultando em insucessos e descrédito do sistema. Na agrofloresta sucessional, esses erros são corrigidos pelos princípios da sucessão e da estratificação e fortalecidos pela alta biodiversidade.

O fato de todos os anos as lavouras convencionais necessitarem de adubações pesadas e doses cada vez maiores de agrotóxicos revela que algo está errado com a nossa agricultura. Se for considerada a ocorrência irregular das chuvas e a baixa capacidade de retenção de água dos solos agrícolas, esse quadro é ainda pior. Em vez da melhoria dos recursos naturais a cada ano, percebe-se a degradação acelerada dos mesmos, levando aos seguintes questionamentos: como será a produção de alimentos quando houver escassez energética e de adubos? Como será a qualidade dos solos agrícolas? Qual o efeito do uso massivo de pesticidas sobre os inimigos naturais, a fauna benéfica e os polinizadores? Como será a qualidade da água subterrânea, que recebe as moléculas químicas lixiviáveis de adubos solúveis e agrotóxicos? O quanto o ser humano está interferindo negativamente no ciclo da água e quais as consequências disso para a nossa sobrevivência? Quais doenças humanas poderão surgir por causa do uso de agrotóxicos pelos agricultores? Precisamos repensar a nossa agricultura, principalmente a de base familiar.

Em termos ambientais, os benefícios das agrofloresta sucessionais são inquestionáveis. Contudo, ainda há muitas dúvidas por parte dos agricultores e técnicos. Por isso, pesquisas sobre a viabilidade

econômica são de grande importância, podendo apontar como o manejo pode ser melhorado para aumentar a rentabilidade, sem comprometer os benefícios ambientais.

Por fim, vale destacar a importância da participação dos jovens, que serão os futuros agricultores, técnicos e consumidores, nas pesquisas, na construção do conhecimento sobre a agrofloresta sucessional, em mutirões agroflorestais e em outras atividades que podem motivá-los a retornar para o campo ou torná-los mais conscientes de seu importante papel neste novo tempo para a agricultura.

6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. V. P.; PASINI, F. S. Implantação e manejo de agroecossistema segundo os métodos da agricultura sintrópica de Ernst Götsch. **Cadernos de Agroecologia** 9: 1-12. 2014.
- BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2016. 296p.
- CORRÊA NETO, N. E.; MESSERSCHMIDT, N. M.; STEENBOCK, W.; MONNERAT, P. F. **Agroflorestando o mundo de facão a trator**. 2016. 177p.
- FAO -FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention**. Rome: FAO, 2011. 29p.
- GÖTSCH, Ernst. **Homem e natureza: Cultura na agricultura**. 2ed. Recife: Recife Gráfica Editora, 1997. 12p.
- GÖTSCH, Ernst. **O Renascer da Agricultura**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1996. 24p. (Cadernos de T.A.)
- 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. 266p.
- PASINI, F.S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. 104f. 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.
- REBELLO, J. F. S. **Princípios de agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch**. 2018. 53p.
- RISCH, S. J.; ANDOW, D.; ALTIERI, M. A. Agroecosystem Diversity and Pest Control: Data, Tentative Conclusions, and New Research Directions. **Environmental Entomology** 12:625-629, 1983.

Conceitos e Princípios Práticos da Agrofloresta Sucessional Biodiversa

- SILVA, A. A. O.; FELIPE, T. A.; BACH, E. E. Ação do *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). **ConScientiae Saúde** 3: 29-35, 2004.
- SILVA, P. P. V. **Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP.** 98f. 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 electrónica de Veterinaria** 8: 1-7, 2007.
- 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 sobcultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira** 27:183-188, 2009.
- VAZ, P. Agroflorestas, clareiras e sustentabilidade. In: CANUTO, J. C. (Ed.). **Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões.** Aguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017. p. 189-207.

PATROCINADORES

OURO



MUTUA

CAIXA DE ASSISTÊNCIA DOS PROFISSIONAIS DO CREA-ES



casa do adubo



jacto

PRATA



ATLÂNTICA
PETRÓLEO

NAANDANJAIN

A JAIN IRRIGATION COMPANY



comunicação visual



BRONZE

FERTILIZANTES



HERINGER

APOIADORES



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO ESPÍRITO SANTO



PREFEITURA MUNICIPAL DE
ALEGRE



Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural

REALIZAÇÃO



CCA
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS E ENGENHARIAS



Cultivar Jr
Consultoria e Projetos



CREA-ES
Conselho Regional de Engenharia e
Agronomia do Espírito Santo