

ORGANIZADOR: Maurício Novaes Souza

# Tópicos em recuperação de Áreas Degradadas

*Volume III*



# Tópicos em recuperação de áreas degradadas

---

Volume III

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: CONCEITOS E METODOLOGIAS  
E ESTUDOS DE CASO**

Avaliação de impactos ambientais, Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente, Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal, Fungos micorrízicos arbusculares, Relevância da matéria orgânica para a manutenção da qualidade solo, Impactos ambientais sobre a biodiversidade do solo decorrentes do uso do fogo, adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração, Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente, A agrofloresta como forma de recuperação e educação ambiental.

Maurício Novaes Souza (Org.)

Canoas

2022



## **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Volume III**

© 2022 Mérida Publishers

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6>

### **Organizador**

Maurício Novaes Souza

### **Revisão ortográfica**

Maurício Novaes Souza

Aline Marchiori Crespo

Silvia Aline Bérغامo Xavier

### **Adaptação da capa e desenho gráfico**

Luis Miguel Guzmán

### **Ilustração da capa**

Adriana Romero Domínguez

@adriana.diseno



Canoas - RS - Brasil

[contact@meridapublishers.com](mailto:contact@meridapublishers.com)

[www.meridapublishers.com](http://www.meridapublishers.com)

Todos os direitos autorais pertencem a Mérida Publishers. A reprodução total ou parcial dos trabalhos publicados, é permitida desde que sejam atribuídos créditos aos autores.



#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

T674 Tópicos em recuperação de áreas degradadas [livro eletrônico] : volume III / Organizador Maurício Novaes Souza. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-84548-04-6

1. Meio ambiente – Preservação. 2. Áreas degradadas – Impactos ambientais. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Souza, Maurício Novaes.

CDD 577

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

## **Dedicatória**

Outro dia surgiu uma pergunta na minha família: há filho preferido?

Claro que não, respondi!

Pensei: amo igualmente Clarissa, Rodrigo e Gabriela!

De fato, sempre achei que nunca poderia amar alguém mais do que amo os meus filhos!

Bem, aí foram chegando meus netos: Antônio Lucas (Toninho), Theo e Maria Flor (chegou nessa semana... como é linda!)

Não resta dúvida: meus netos me ensinaram que o amor é ilimitado!

Sempre haverá espaço para mais um!

Como dizia o poeta - neto nos mostra que é possível amar em dobro!

Dedico esse livro: à minha eterna companheira Angélica, aos meus filhos e netos!

## Prefácio

Terceiro volume do Livro “Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas” - uma parceria com os alunos dos Cursos de Pós-graduação *lato* e *stricto sensu* do Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre! Representa a consolidação de um antigo sonho. Entre seus diversos objetivos, este trabalho sugere avançar na divulgação das pesquisas relacionadas à sustentabilidade do agronegócio e buscar respostas aos inúmeros questionamentos que envolvem a sociedade contemporânea.

Considero como um marco aos meus questionamentos as pesquisas que realizei durante a minha dissertação (UFV - 2002/2004), “Degradação ambiental e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável”. Fiquei muito mais atento e questionador quanto ao comportamento do *Homo sapiens*. A partir deste momento, não consegui ter respostas para grande parte dos modelos de produção e de consumo, bem como de diversas de nossas atitudes cotidianas.

Posteriormente, no período 2004/2008, fiz o meu doutoramento, também na UFV. O produto final, minha tese intitulada “Dinâmica do uso dos recursos hídricos nas bacias do ribeirão Entre Ribeiros e do rio Preto, afluentes do rio Paracatu”. Nesse estudo confirmei o que sugerira e dissera na minha dissertação de mestrado - a humanidade enfrenta problemas de degradação ambiental que remontam no tempo... e pude constatar nesse trecho de Cerrado onde trabalhei: o meio ambiente, que sempre desempenhara sua função depuradora com eficiência, encontrava-se e encontra-se excessivamente sobrecarregado pelas atividades antrópicas, sofrendo o risco de exaustão dos seus recursos, não conseguindo em determinadas situações se autorrecuperar.

Há soluções? Considerando os atuais modelos de produção e desenvolvimento que priorizam a maximização econômica (visão antropocêntrica) em detrimento à preservação e, ou, conservação ambiental (visão ecocêntrica), a solução definitiva dessas questões parece estar distante de ser encontrada. Contudo, recentemente, essa preocupação ganhou adeptos e concretude em todo o mundo, como o nosso curso de Pós-graduação em Agroecologia do Ifes campus de Alegre.

Efetivamente existe uma maior conscientização às causas ambientais, incluindo casos de sucesso no manejo das plantações fundamentadas no pensamento agroecológico e com uso de práticas conservacionistas, bem como programas que estimulam investimentos nos procedimentos de recuperação de áreas degradadas: vêm surgindo propostas viáveis ao fortalecimento do desenvolvimento sustentável, como o uso de ferramentas como pagamento por serviços ambientais – PSA.

No entanto, no meio rural e particularmente para a agricultura do modelo de produção familiar, para atingir esse objetivo, há uma série de gargalos. Além de todos os fatores relacionados à assistência técnica, crédito, comercialização, entre outros, um modelo moderno de se administrar uma determinada região almejando a sustentabilidade, deve tomar a bacia hidrográfica onde está inserida como unidade básica de planejamento. Há de se considerar que o aumento da demanda pelo uso da água evidenciado ao longo do tempo, sobretudo nas últimas décadas, sérios conflitos têm surgido entre os usuários em muitas regiões do planeta, inclusive no Brasil.

Discutir e propor soluções para os problemas relativos às bacias hidrográficas, visando à sustentabilidade do uso da água e suas relações com o desenvolvimento sustentável, são objetivos que o planejamento e gestão dos recursos hídricos deverão assegurar às futuras gerações. Entretanto, as relações entre o uso do solo e recursos hídricos têm sido marcadas pelo insucesso, com prejuízos significativos para o ambiente, o que tem se transformado em perdas para toda coletividade. Assim, modificações no regime de vazões de uma bacia hidrográfica podem ser causadas por mudanças do uso do solo, pela variabilidade climática, pela construção de barragens ou pelo aumento da irrigação.

A troca de uma cobertura vegetal original, tão comum em todo o Brasil, altera os componentes do ciclo hidrológico na bacia hidrográfica, transformando necessariamente o regime de vazões. Neste contexto se inserem todas as bacias hidrográficas do Espírito Santo, bem como as bacias hidrográficas do ribeirão Entre Ribeiros e do rio Preto, afluentes do rio Paracatu, que compõem a bacia do rio São Francisco – área onde trabalhei no meu doutoramento.

Há de se considerar que a ocorrência de fenômenos meteorológicos e climatológicos extremos se tornou fato. Apesar da adoção de medidas emergenciais, alguns problemas se intensificaram: incremento da concentração de gases de efeito estufa; diminuição da camada de ozônio; redução das terras agricultáveis; crescente contaminação dos ecossistemas aquáticos e redução progressiva dos recursos de água doce.

Contudo, um sério problema se tem percebido e virado uma regra - a ausência da avaliação das questões relativas à predição na implantação de projetos. Neste estudo realizado no meu doutoramento, buscaram-se representar as inter-relações existentes das mudanças das classes de uso do solo e suas influências sobre os fatores climáticos e os ecossistemas aquáticos das citadas bacias hidrográficas. Nestas bacias, onde a vazão média anual retirada pela "Irrigação" teve crescimento de 62 vezes no período 1970-1996, gerando uma série de conflitos regionais, tem ocorrido a substituição da vegetação nativa "Cerrado" por "Cultivo", principalmente. A situação é preocupante quando se verifica pela análise da oferta de água no período 1985-2000 que a "Precipitação" na bacia e as vazões média e mínima sofreram significativas reduções.

Dessa forma, com muita pesquisa, leitura e boas discussões ao longo desses vinte (20) anos, foram possíveis a obtenção de algumas respostas. Contudo, sempre surgem novos fatos bastante confusos: com tanto conhecimento, por que o homem continua agindo irracionalmente e causando tanta devastação e degradação? Para responder a esses questionamentos, conhecer os tempos remotos de nossa espécie e como ela deixou de ser um animal qualquer com impacto insignificante no planeta para se tornar dono do mundo, capaz de destruí-lo por simples ambição ou capricho, algo que me interessa saber, é o motivo principal do aprofundando das minhas pesquisas.

É fundamental que se conheça o passado para entender o presente e planejar o futuro. Dois livros que li recentemente e os resenhei contribuíram para identificar os precedentes que possibilitaram ampliar o meu entendimento sobre o referido tema:

- **Sapiens:** uma breve história da humanidade.
- **A sexta extinção:** uma história não natural.

Uma parte das resenhas dos referidos livros:

❖ **Sapiens: uma breve história da humanidade**

HARARI, Y. N. **Sapiens**: uma breve história da humanidade. 4.ed. Rio Grande do Sul: Editora L&PM, 2014. 452p.

Yuval Noah Harari, o autor, é doutor em História pela Universidade de Oxford, especializado em história mundial e professor da Universidade Hebraica de Jerusalém.

**A tese central do livro:** o homem conseguiu sua supremacia incontestável sobre qualquer outra espécie nesse planeta devido à sua capacidade de criar e compartilhar mitos. Ou seja, sua capacidade de criar ficção!

**Os questionamentos do livro:** qual a relação entre história e biologia? Existe justiça na história? As pessoas se tornaram mais felizes com o passar do tempo? Seguindo o raciocínio de Harari, as realidades imaginadas acabam por formar uma rede de instintos artificiais que une as pessoas. A essa rede se chamam cultura. As culturas estão em constante mutação, muito por causa das contradições internas que encerram. Assim sendo, terá a história uma direção? Harari diz que sim! Corre do múltiplo para o uno por força gravídica de três ordens universais: o dinheiro, os impérios e as religiões.

**O livro trata:** mistura e articula conhecimentos de história, biologia, linguística, geografia, antropologia, sociologia, capitalismo, imperialismo, ... É um livro diferente porque conta a história de um personagem que muda imensamente das primeiras páginas até as últimas linhas. Porém, este protagonista tão especial, não é uma pessoa, e sim toda uma espécie: *Homo Sapiens*!

**O livro:** *Sapiens* trata da História da humanidade de um ponto de vista "biológico", a partir da evolução do **Homo sapiens** desde a pré-história, passando pelas revoluções agrícola e industrial. Em sua essência, sugere que há centenas de anos, o mundo era dominado por uma dúzia de espécies, das quais apenas a *Homo Sapiens* sobreviveu. O Sapiens não é o



mais forte e não se tem a certeza de que tenha sido o mais inteligente. Não se fazem ideia de como Neandertais ou Ergasters pensavam. Para Harari, somos diferentes! Indo atrás da antropologia e reconstruindo o passado, vemos que somos uma série de acontecimentos aleatórios, evoluções, descobertas e revoluções. O que isso tem de estranho? Parece extremamente óbvio! Mas faz cair por terra a teoria de que nascemos sabendo, que somos criados prontos!

### **O livro traça a trajetória da espécie pela sucessão de três revoluções:**

- **a cognitiva** (quando nos tornamos astutos – há aproximadamente 70.000 anos): o nascimento da linguagem ficcional modifica todo processo evolutivo e o homem se diferencia das demais espécies. Os *Homo sapiens* se espalham a partir do continente africano. Aqui, essa nova humanidade, mais inteligente em relação aos existentes e mais atrasados que os Neandertais, ainda é composta de caçadores-coletores. São nômades e ainda não formam propriamente uma sociedade. Em pouco tempo suplantam por completo os Neandertais, eliminando-os.

- **a agrícola** (quando moldamos a natureza a nosso favor e começa a unificação da humanidade). Essa fase se inicia há aproximadamente 12 mil anos. Nela, já os encontramos em assentamentos permanentes, com a domesticação de animais e de plantas. O homem vai deixando, lentamente, sua visão animista. Em relação ao chamado **especismo**<sup>1</sup>, Harari faz uma defesa veemente da questão animal, denunciando a crueldade dos *Sapiens*, caracterizando os animais domesticados como as primeiras vítimas da chamada Revolução Agrícola. Nessa fase acontece a invenção do dinheiro, dos impérios, das grandes religiões...; e

- **a científica/industrial** (quando ganhamos um poder perigoso e nos tornamos deuses). A Revolução Industrial se inicia há aproximadamente 200-500 anos. O homem vai abandonando crenças antigas que não são cientificamente

---

<sup>1</sup> É uma forma de discriminação contra quem não pertence a uma determinada espécie. Similar ao racismo, o sexismo e outros tipos de preconceito, o **especismo** se utiliza de argumentos sem base científica ou moral para validar a exploração e subjugamento de uma espécie sobre outra.

comprovadas. A partir desse ponto, suas invenções e descobertas são mais excêntricas, as máquinas criadas fazem o seu trabalho. Nesse período tão recente, a família e a comunidade se enfraqueceram e são substituídas pelo poder do Estado e do mercado. Há extinção em massa de plantas e animais. Os humanos transcendem os limites do planeta Terra, as armas nucleares se tornam uma ameaça efetiva à sobrevivência da humanidade e dezenas de ecossistemas são degradados. Os organismos são moldados não mais pela seleção natural, mas pela interferência do homem (design inteligente). Porém, nem toda essa evolução se transforma em benefício aos *Homo sapiens*. No quesito "multiplicação", a nossa espécie se saiu melhor que as demais. Mas será que esta multidão de pessoas vive melhor hoje que há 30.000 anos?

Ao final afirma:

O único procedimento que pode parar esta mudança, é a possibilidade de uma catástrofe ambiental, que também pode acabar com nossa espécie...

... iremos nos destruir por um desarranjo provocado no meio ambiente!

- **A sexta extinção - uma história não natural**

KOLBERT, E. **A sexta extinção**: uma história não natural. 1. ed. - Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015. 336 p.

**Elizabeth Kolbert**, a autora, desde 1999 é colaboradora da revista The New Yorker. Anteriormente, trabalhou no "The New York Times" e na "Times Magazine". Foi premiada duas vezes com o "National Magazine Award" - uma delas pela aclamada série de reportagens "The Climate of Man". A sexta extinção, vencedor do Pulitzer de Não Ficção em 2015, é o seu terceiro livro publicado.

**A tese central do livro:**

Ao longo dos últimos quinhentos milhões de anos, o mundo passou por cinco extinções em massa violentas no planeta Terra, nas quais sua biodiversidade caiu de maneira abrupta. Nos dias atuais, vem sendo monitorada

a sexta extinção, possivelmente a mais devastadora da história da Terra, com um agravante - dessa vez, o homem, espécie surgida, aproximadamente, há apenas 200 mil anos, é a causa dessa catástrofe iminente. Tal afirmação se baseia no fato de que nos últimos dois séculos o modelo de desenvolvimento: a) converteu mais de 50% da superfície da Terra via mudança de uso do solo, incluindo grande parte das florestas tropicais; b) expulsou espécies dos seus habitats naturais; c) alterou a composição da atmosfera devido às emissões de CO<sub>2</sub> geradas pelas atividades antrópicas; d) aumentou a acidez dos oceanos e a temperatura média do planeta; e e) provocou impactos irreparáveis no ecossistema global.

Como consequência direta destes aspectos e impactos, mais de um quarto de todos os mamíferos da Terra está hoje em vias de extinção. O mesmo acontece com 40% dos anfíbios, um terço dos corais e dos tubarões, um quinto dos répteis e um sexto das aves. O desaparecimento dessas espécies em todo o mundo está destruindo o equilíbrio dos sistemas naturais e a diversidade animal, colocando em perigo a vida na terra e a sobrevivência da humanidade. Kolbert visitou habitat de espécies extintas ou ameaçadas, sítios arqueológicos, centros de pesquisas e museus na Alemanha, Austrália, Brasil (Amazônia), Escócia, Estados Unidos, França, Islândia, Itália, Panamá, Peru.

Kolbert apresenta dados das vidas e obras dos cientistas e pesquisadores que, nos últimos três séculos, descobriram o fenômeno da extinção e se dedicaram a entender suas causas e consequências. Com suas teorias, esclarecem questões relativas ao desenvolvimento e desaparecimento de espécies e as mudanças, lentas e, ou, repentinas (cronologicamente falando), na história da biodiversidade. Todas as teorias acabaram contribuindo para o que se sabe hoje sobre extinção, por mais que algumas tenham sido completamente contrárias umas às outras e seus proponentes, como George Cuvier e Charles Lyell, tenham sido fortes opositores.

O quadro retratado por Kolbert evidencia que o *H. sapiens* é o causador principal da sexta extinção: se este é um assunto mórbido, a extinção em massa é um assunto maior ainda!

“Séculos e séculos, e só agora as coisas acontecem” (Jorge Luis Borges).

### **Os questionamentos do livro:**

De acordo com o E. O. Wilson, Kolbert apresenta ao leitor doze espécies — algumas desaparecidas, outras em vias de extinção. A partir desse ponto, chega à conclusão assustadora de que uma quantidade inigualável de animais está desaparecendo despercebidamente. Inclusive, já se utilizam uma nova expressão para substituir “Bioma”: “**ANTROMA**”, dada as tão drásticas alterações em nosso planeta – dos 130 milhões de quilômetros quadrados de terra no planeta, sem gelo, 70 milhões já foram convertidos em outras classes de uso do solo.

Ao mesmo tempo, a jornalista traça um panorama de como a extinção tem sido entendida pelo homem nos últimos séculos, desde os primeiros artigos sobre o tema, do naturalista francês Georges Cuvier, até os dias atuais. Com a redução da diversidade vegetal, por exemplo, o número de espécies animais decai. Os pássaros, por exemplo, passam a buscar abrigo em fragmentos florestais remanescentes, pelo fato de populações menores serem mais vulneráveis. Contudo, tem-se verificado que a sua taxa de reprodução passa a cair, dificultando a recolonização ou tornando-a até impossível. Ou seja, a diversidade tende a reforçar a si mesma. Haverá alteração em toda a cadeia trófica: para que ocorra um novo equilíbrio, com menos espécies, demorará muito mais tempo a acontecer (tal fenômeno é conhecido como “relaxamento”).

### **O livro trata:**

A hipótese traçada por Kolbert é que o planeta enfrenta uma sexta extinção e o agente de destruição é a própria humanidade. Para tal investigação foi analisado um desaparecimento que poderia parecer trivial: uma espécie comum de sapo nas encostas da Colômbia, antes abundantes, rareou e, de repente, desapareceu.

É sabido que a história da vida na Terra alterna intervalos longos de mudança maciça, por períodos de transformação catastrófica, lenta e pontuada. Normalmente, a mudança ocorre tão lentamente que é quase imperceptível. As espécies se adaptam aos ambientes mudando ao longo de inúmeras gerações, sendo extintas gradualmente. Contudo, uma mudança rápida e drástica do planeta, não é suficiente aos organismos para se adaptarem.

Por exemplo, a Terra mudou drasticamente há 66 milhões de anos, quando um asteroide de cerca de 10 km de diâmetro caiu próximo ao México, dizimando e eliminando grandes quantidades de vida, incluindo os dinossauros. Este foi o mais recente dos cinco “eventos de extinção em massa” ao longo dos últimos 500 milhões de anos.

Nos dias atuais, classes inteiras de anfíbios, aves, mamíferos e répteis estão em vias de aniquilação. Os recifes de coral, em todo o planeta, podem desaparecer até o final do século XXI, interferindo de forma decisiva no equilíbrio da natureza. Cabe considerar que, durante os processos evolutivos, grupos inteiros de organismos outrora dominantes, podem desaparecer ou ser relegados a papéis secundários; ou seja, é como se houvesse uma troca de elenco no planeta.

### **O livro:**

O livro é dividido em 13 capítulos que contam a história das últimas cinco grandes extinções em massa que aconteceram no planeta no passado. Essas histórias servem para fundamentar Kolbert a traçar um panorama da própria história evolutiva do planeta Terra e da humanidade, explicando conceitos relacionados à extinção de espécies, geologia, biologia, geografia, problemas ambientais como mudanças climáticas, desmatamento e espécies invasoras, entre outros.

*Incilius periglenes*, o sapo dourado, foi um pequeno sapo abundante em um vilarejo em uma região de alta altitude ao norte da cidade de Monteverde, na Costa Rica. Uma espécie particular de fungo, apelidada de Bd (*Batrachyochytrium dendrobatitis*), foi o agente causador desse processo. Quase todos os anfíbios da região morreram vítimas do microrganismo. A autora deixa subentendido que, não obstante a capacidade locomotora do fungo, sua distribuição pandêmica ocorreu devido à “reorganização continental” – importação de rãs pelo homem de um continente para outro. O culpado desta extinção – como das outras citadas no livro – seria, portanto, o *Homo sapiens*.

A migração não-natural de espécies de um continente para o outro não é, contudo, a única culpada por essa realidade. A queima de combustíveis fósseis desde a revolução industrial elevou o nível de gás carbônico na atmosfera em 365 bilhões de toneladas, com dois efeitos caóticos para a biodiversidade. De

um lado, temperaturas mais altas estão derretendo geleiras e calotas polares, além de inundar terras no nível do mar.

### **Os capítulos:**

No capítulo 1, “Os molares do Mastodonte”, a autora faz uma conceituação fundamental. Cita os paleontólogos britânicos Anthony Hallam e Paul Wignall, diferencia para o leitor a “extinção massal” (em que “se perde uma parcela significativa da biota global em um espaço de tempo geologicamente insignificante”) e “extinção de fundo”, onde as taxas de extinção são calculadas em espécies-ano. A autora não confunde os casos específicos de extinção – ou risco de extinção – de cada capítulo, com extinção massal, e infere que estaríamos vivenciando a “sexta extinção”.

O Capítulo V, “Bem-vindo ao Antropoceno” - a era geológica marcada pelo aparecimento do ser humano. Nesse capítulo, Kolbert cita Crutzen (2002), que aponta as várias mudanças de escala geológicas efetuadas pelo homem: a) a atividade humana transformou entre um terço e a metade da superfície terrestre do planeta; b) a maior parte dos principais rios foi represada ou desviada; c) as fábricas de fertilizantes produzem mais nitrogênio do que é gerado naturalmente por todos os ecossistemas terrestres; d) a atividade pesqueira retira mais de um terço da produção primária das águas litorâneas dos oceanos; e e) os seres humanos utilizam mais da metade do escoamento de água doce de fácil acesso. Segundo Crutzen (2002), em seu livro “Geologia da espécie humana”, há ainda algo mais significativo: os seres humanos alteraram a composição da atmosfera.

A combinação de queima de combustível fóssil e desmatamento, fez com que a concentração de dióxido de carbono no ar sofresse aumento de 40% nos últimos séculos; ao passo que a concentração de metano, um gás indutor do efeito estufa ainda mais potente, mas do que duplicou. Nesse artigo, o autor afirma: “por causa dessas emissões antropogênicas”, o clima global deve “se afastar significativamente do comportamento natural durante vários milênios no futuro”. A partir dessa citação, o termo “Antropoceno” passou a ser utilizado em diversas publicações científicas.

No Capítulo 6, “O mar ao nosso redor”, evidencia os males da modernidade aos oceanos. Mostra que desde o início da Revolução Industrial foram lançados à atmosfera, com a queima de combustíveis fósseis 365 bilhões

de toneladas de carbono, que causam bruscas alterações na composição da atmosfera e na acidez dos oceanos. A cada ano, em torno de nove bilhões de toneladas vêm sendo adicionadas - um crescimento de 6% ao ano. O resultado? A atual concentração de dióxido de carbono na atmosfera, 400 ppm, é a maior dos últimos 800 milhões de ano.

A previsão para 2050 é que atinja 500 ppm, provocando um aumento de 1,9 a 3,8° C na temperatura média global. As consequências? Eventos extremos decorrentes da alteração drástica das correntes marítimas; acidificação dos oceanos e a destruição dos corais (constroem a arquitetura do ecossistema: se eles desaparecerem, todo o ecossistema desaparecerá); e o desaparecimento das geleiras restantes (inundação de ilhas rasas e cidades litorâneas e o derretimento da calota de gelo do Ártico). Associada a essa questão, o aquecimento atual está ocorrendo pelo menos dez vezes mais rápido que no fim da última glaciação e todas as outras glaciações anteriores. Para sobreviver, os animais terão de migrar e se adaptarem 10 vezes mais rápido.

Nos trópicos os impactos serão drásticos com relação à perda de biodiversidade. Sabe-se que nessa localização há mais espécies porque o relógio evolutivo avança mais rápido. Da mesma forma que os agricultores brasileiros, por exemplo, podem produzir mais vezes por ano por estarem em latitudes mais baixas, os organismos podem produzir mais gerações. Quanto maior o número de gerações, maiores são as chances de mutações genéticas. Quanto maiores as chances de mutações genéticas, maior a probabilidade de surgirem novas espécies. Ainda, quanto maiores as temperaturas, mais elevadas as taxas de mutações.

Entre outras teorias sobre a maior diversidade dos trópicos, diz que a maior concorrência impulsionou a especialização das espécies, e mais espécies especialistas conseguem coabitar a mesma quantidade de espaço. O 73° meridiano cruza a linha do equador na Colômbia, para cortar partes da Venezuela, do Peru e do Brasil. Por volta da latitude de 13° ao sul, ele passa a oeste de três lotes florestais de Silman, um dos pesquisadores que pesquisam nessa área. Nesses lotes, que totalizam 27 hectares, possui 1.035 espécies de árvores: aproximadamente 50 vezes mais do que em toda a floresta boreal do Canadá (essa floresta estende-se por mais de quatro milhões de quilômetros quadrados, representando um quarto de todas as florestas virgens do planeta).

Os últimos dois capítulos do livro se debruçam sobre espécies humanas — *Homo neanderthalensis* e *Homo sapiens* — e sobre a tragédia de como a nossa própria espécie eliminou os nossos parentes mais próximos: “a sua má sorte fomos nós”; ou seja, o impacto negativo que a nossa espécie tem na biosfera é inegável.

No capítulo 9, “Ilhas em Terra Firme”, Kolbert revela que em plena Amazônia brasileira, encontra-se em andamento um dos maiores e mais importantes experimentos científicos do mundo: o Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais – PDBFF. Segundo Kolbert, uma parceria improvável entre pecuaristas e conservacionistas. As diversas reservas do projeto, chamadas “Ilhas amazônicas”, recebem especialistas de todo o mundo, a fim de estudarem seus respectivos grupos de interesse. Cabe considerar que é um dos projetos mais antigos ainda em andamento, sendo considerado o mais importante experimento ecológico já realizado.

Um dos resultados em observação: a destruição da floresta afeta a circulação atmosférica. Em grande escala, a destruição da floresta tropical pode alterar drasticamente o ciclo hidrológico.

#### **- Agravantes da modernidade:**

As ações humanas estão afetando as mais variadas espécies de flora e fauna, em todas as regiões planeta. Extinção não conhece fronteiras e se alastra pelos continentes e oceanos. Assim como também acontece com milhares de espécies, transportadas pelo planeta em diversas atividades humanas e se tornam espécies exóticas invasoras aonde chegam, contribuindo para a perda da biodiversidade local.

Por dia, estima-se que 10 mil espécies são transportadas de um lugar a outro no mundo na água dos tanques de lastro de navios, além de outras circunstâncias de deslocamento. As mudanças climáticas também figuram na lista de impactos da humanidade sobre outras espécies, especialmente nos oceanos. A caça, a pesca, o desmatamento, as mudanças de classe de uso do solo são outras causas da redução da biodiversidade e da extinção de espécies que a humanidade está provocando.



*Se há perigo na trajetória humana, este não tanto se encontrará na sobrevivência da nossa própria espécie, como no cumprimento da derradeira ironia da evolução orgânica: que no instante em que esta atingiu a compreensão de si mesma na mente do Homem, a vida condenou as suas mais belas criações (E. O. Wilson).*

Diante de tantas evidências científicas sobre como os seres humanos estão mudando dramaticamente a atmosfera, os oceanos e a distribuição da biodiversidade pelo planeta, o livro não deixa muito espaço para o “contraditório”. Deveria se entender o quão fundamental e complexo é o equilíbrio da teia da vida. Talvez o Antropoceno tenha começado com a revolução industrial ou com o crescimento da população após a Segunda Guerra Mundial. A espécie humana passou a controlar o planeta. Isso vem desencadeando uma cascata ecológica que transformou a paisagem. Será que algum dia o homem viveu em harmonia com a natureza? Não há evidências de que isso tenha acontecido!

Cabe lembrar que os Neandertais desapareceram há cerca de 30 mil anos, e os primeiros seres humanos chegaram à Europa, onde habitavam, há 40 mil anos: em 100 mil anos em que viveu na Europa, o impacto que provocou localmente, não foi maior do que o de qualquer outro grande vertebrado - o azar deles foram os *H. sapiens*.

No último capítulo a jornalista discorre que há pouco que se possam fazer para aplacar nossa consciência. Não adianta colocar a culpa do desaparecimento de espécies nos caçadores de grandes mamíferos na África ou nas grandes empresas do setor de petróleo: todos são responsáveis, todos fizeram a sua parte para tal situação.

É impossível não perceber o paradoxo do trabalho: ao mesmo tempo em que apresenta o homem como o responsável pela sexta extinção em curso, podendo até mesmo ser uma de suas vítimas, mostra projetos e esforços despendidos pela raça humana para conhecer e entender os processos biodinâmicos da natureza e tentar salvar parte das espécies ameaçadas.

Portanto, há esperança!

Ao final afirma:

**A sexta extinção corre o risco de ser o legado final da humanidade e nos convida a repensar uma questão fundamental: seria a espécie humana a invasora mais bem-sucedida na história biológica? O que significa ser humano?**

O fato é que, historicamente, cabe considerar que o *Homo sapiens* sempre foi dependente dos recursos naturais: a testemunha incontestável dessa realidade é o processo de urbanização. O desenvolvimento das cidades está relacionado, principalmente, aos corpos hídricos, que podem ser reproduzidos por suas diversas especificidades – era usado para sua dessedentação até para o escoamento de seus dejetos. Nessa perspectiva, muitos mananciais<sup>2</sup> foram incorporados ao cenário urbano, passando a fazer parte da estrutura paisagística das cidades.

Nos anos recentes, com o crescimento populacional descontrolado e a forma como a sociedade se apropriou desses espaços, acarretou uma série de impactos ambientais e externalidades negativas, configurando o que se chama de “insustentabilidade ecológica”, proveniente dos conflitos inerentes à relação sociedade/natureza na atualidade. Dentre esses impactos, a degradação dos recursos naturais com ênfase sobre os recursos hídricos. Por essas questões, considerando como agravante que no Brasil cerca de 87% da população vivem nas cidades, tais impactos ao meio ambiente são diretamente refletidos na população e precisam ser avaliados, valorados, recuperados e, ou mitigados.

Como citado por Harari (2014), a revolução agrícola teve o seu início há cerca de 12 mil anos com a domesticação de plantas e animais. Desde o surgimento do capitalismo, ele vem se modificando e se apoiando nas diferentes configurações de trabalho do campesinato - em sua estrutura produtiva fica cada vez mais evidente a luta de classes (o capitalismo, do atual modelo de produção

---

<sup>2</sup> São todas as fontes de água, superficiais ou subterrâneas, que podem ser usadas para o abastecimento público. Isso inclui, por exemplo, rios, lagos, represas e lençóis freáticos.

e consumo, surge no século XV com a transição da idade média para idade moderna).

Os crescimentos científicos e tecnológicos das últimas décadas criaram no campo uma economia agrária voltada para a produção e exportação das *commodities* agrícolas, abandonando a sociedade local e criando diferenças e desigualdades sociais, impondo crenças e desejos que tornaram a convivência incerta. Quando levado ao campo, esses parâmetros fazem com que uma pequena parte da população que reside nesse local seja privilegiada; enquanto a outra, majoritariamente, segue em situações precárias, tornando-se invisíveis até mesmo para o Estado. Dessa forma, é possível observar que a adoção do modelo de produção convencional do agronegócio priorizado pelo governo, exclui pequenos produtores por não serem economicamente rentáveis a partir dessa visão.

Surgem, entre outros, os impactos ambientais e os processos de degradação! Para que ocorra o “Desenvolvimento Rural Sustentável”, o estudo, a identificação, a avaliação e a valoração econômica dos impactos ambientais são atividades que fazem parte, ou deveriam fazer, em qualquer procedimento de planejamento, perícia, recuperação, gestão e educação ambiental, mesmo naquelas práticas iniciais de implantação de uma atividade agropecuária, que devem considerar os aspectos referentes à predição, aos custos e aos impactos decorrentes: da mesma forma em que outros estudos dessa natureza, tais como, auditorias compulsórias ou de verificação de conformidades, estudos de análise de riscos ambientais e programas de recuperação de áreas degradadas.

Os impactos e seus efeitos podem acontecer em diferentes ambientes - por exemplo, quando se considera a área rural, que é o foco do presente trabalho! Isso significa que dependendo do lugar onde acontece o evento indesejável, os impactos e seus efeitos apresentam diferenças significativas, devendo ser analisados de maneira sistemática para que os resultados a serem obtidos possam se revelar de modo consistente à verdade dos fatos.

As técnicas empregadas para avaliar os impactos ambientais, em geral, são aquelas adotadas nos Estudos de Impactos Ambientais e nos Relatórios de Avaliação de Impactos Ambientais (EIA-RIMA), nos processos de licenciamento de empreendimentos e nas auditorias. Entretanto, no caso do EIA, faz-se a estimativa dos potenciais impactos que poderão decorrer do empreendimento,

obra ou das atividades a serem licenciados, enquanto que na perícia ambiental, analisam-se os impactos negativos que efetivamente ocorreram e afetaram os componentes do sistema ambiental.

Essa mesma observação pode ser praticada quando se realiza o Cadastro Ambiental Rural (CAR) – intrinsecamente tem a mesma finalidade: ou seja, trata-se de propor, posteriormente ao levantamento e estudo, o planejamento e a execução de procedimentos de adequação ambiental em um documento denominado Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) – envolverá o planejamento, a definição das técnicas de recuperação de áreas degradadas, educação e gestão ambiental.

Contudo, infelizmente, não existe ainda um modelo generalizado que seja capaz de analisar os diferentes tipos de danos que acontecem nos inúmeros e complexos componentes presentes nos ecossistemas. A recomendação é começar sempre pelo mais óbvio e simples: ou seja, identificando e avaliando os impactos ambientais de maior importância e magnitude que são facilmente identificáveis, para então analisá-los visando a sua valoração e compensação monetária.

Em todo o Brasil, tem ocorrido a intensificação das atividades agropecuárias extensivas e em larga escala, que substituem a vegetação nativa e promovem a mudança de uso do solo, causando alterações severas nos ecossistemas afetando toda a bacia hidrográfica. Os ecossistemas aquáticos estão sobrecarregados dados os usos múltiplos que foram estabelecidos nas décadas recentes.

O presente trabalho se propõe a sugerir modelos alternativos de produção e manejo. Por intermédio de análises sistêmicas dos recursos naturais poderão ser determinadas as principais variáveis e suas inter-relações, que poderá ser empregado para identificar as soluções mais adequadas aos requerimentos de conservação do solo e da água. Deverão ser adequadas às propostas do Desenvolvimento Sustentável, aos aspectos ambientais e as necessidades ecológicas, socioeconômicas, culturais e políticas de uma dada região.

As ferramentas atuais, como as novas técnicas de “Estudo de Impactos Ambientais” e os avanços tecnológicos nos materiais e nos procedimentos de “Recuperação de Áreas Degradadas”, são ferramentas de auxílio à definição de políticas públicas de planejamento e predição para estimar futuras demandas

para a abertura de novas áreas de produção, ou a opção de não implantá-las, sugerindo opções alternativas e, ou, locais. Dessa forma, os produtores, urbanos e rurais, poderão entender como que os diversos cenários, atuais e futuros, afetarão o desempenho de suas atividades, evitando novos impactos e degradação dos ecossistemas aquáticos e terrestres.

Desejo imensamente que esse terceiro volume da série de livros “Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas”, trabalhado em parceria com meus alunos e orientados do Programa de Pós-graduação em Agroecologia do Ifes campus de Alegre (PPGA), fortaleça o caminho trilhado a partir dos Volumes I e II, e que contribua efetivamente para que se atinja o tão sonhado desenvolvimento rural sustentável – o pensamento agroecológico poderá contribuir de forma determinante.

Professor Maurício Novaes Souza  
Guarapari, maio de 2022.

## Apresentação

O presente documento dá continuidade aos livros e cadernos de aulas que venho produzindo desde o início de minha carreira. Tenho preparadas dezenas de apostilas das disciplinas que colaborei ao longo desse caminho. Atualmente, lecionando para os Cursos de Pós-graduação em Agroecologia e Sustentabilidade (Mestrado *Lato Sensu* e *Stricto Sensu*) do Ifes campus de Alegre, tornou possível a realização do antigo desejo de publicar livros em parceria com meus colegas de trabalho, alunos e orientados.

O Volume I dos “Tópicos de Recuperação de Áreas Degradadas” foi muito bem aceito e atendeu as nossas propostas e expectativas. Os trabalhos produzidos nas disciplinas, enfim, ganharam visibilidade, estabelecendo-se essa parceria com os acadêmicos e aumentando a publicação de trabalhos para o nosso programa: exigência básica dos órgãos de fomento e financiamento de pesquisas.

Os três primeiros capítulos do referido trabalho fazem parte do livro Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) que está em fase de elaboração e deverá ser publicado futuramente. A sua primeira versão é a extensão de uma apostila elaborada em decorrência da parca literatura existente à época e que visava estudar os métodos e técnicas disponíveis na literatura sobre o referido tema: nos dias atuais, quase 20 anos depois, não há como se trabalhar em projetos de Recuperação de Áreas Degradadas antes de se realizar os Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e seu relativo Relatório de Impactos Ambientais (RIMA).

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/topicos-em-recuperacao-de-areas-degradadas/>

O Volume II manteve o mesmo objetivo do Volume I: reunir informações necessárias ao desenvolvimento de conceitos de planejamento visando à “Recuperação de Áreas Degradadas” – RAD, e a condução das atividades produtivas de forma sustentável com o uso de práticas agroecológicas conservacionistas.

O texto foi composto por dez (10) capítulos, que abordou os seguintes temas:

- ✓ Estudos de Impactos Ambientais e seu Relatório - EIA/RIMA
- ✓ Metodologias para a identificação e avaliação de efeitos e impactos ambientais
- ✓ Práticas de conservação de solo e água com ênfase nas “barraginhas”
- ✓ Microrganismos simbiotes e a fixação biológica de nitrogênio
- ✓ Uso de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade ambiental
- ✓ Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD
- ✓ Reuso da água na agricultura irrigada: efluentes da piscicultura e fertirrigação
- ✓ Desigualdade social: agroecologia, “Agenda 2030” e sustentabilidade.

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad2-esp/>

No presente **Volume III**, serão apresentados os seguintes capítulos:

No **Capítulo I**, “Avaliação de impactos ambientais: definições, glossário e conceitos”, mostra que os impactos e seus efeitos podem acontecer em diferentes ambientes, inclusive, na área rural. Significa que, dependendo do lugar onde acontece o evento indesejável, os aspectos, os impactos e seus efeitos, apresentam diferenças significativas, devendo ser analisados de maneira sistemática para que os resultados a serem obtidos possam se revelar de modo consistente. As técnicas empregadas para avaliar os impactos ambientais, em geral, são aquelas adotadas nos Estudos de Impactos Ambientais e nos Relatórios de Avaliação de Impactos Ambientais (EIA-RIMA), nos processos de licenciamento de empreendimentos e nas auditorias. São apresentadas as definições e os conceitos que abrangem tais procedimentos.

No **Capítulo II**, “Avaliação de impactos ambientais: histórico e procedimentos”, apresenta a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) que instituiu a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) como um instrumento nacional de prevenção de problemas ambientais. De fato, é um instrumento de

Planejamento, de Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) e de Gestão Ambiental. Tem o objetivo de assegurar o exame dos impactos ambientais de planos, programas e projetos e de suas alternativas – tecnológicas e de localização, confrontando-as com a hipótese de sua não execução. Mostra que a AIA é um processo que envolve estudos técnicos e consultas à comunidade visando avaliar os impactos ambientais de uma determinada proposta e oferecer subsídios para a tomada de decisão, a partir dos seguintes aspectos: diagnóstico da área de influência antes da implantação do projeto; identificação de mecanismos de causa e efeito; análise dos impactos ambientais; e efetividade das medidas mitigadoras a serem implantadas.

No **Capítulo III**, “Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP)”, abaliza que são protegidas por lei e discute a sua importância para a manutenção dos corpos hídricos. Nessas áreas acontece a infiltração das águas das chuvas que reabastecem os lençóis de toda a bacia hidrográfica. As mudanças das classes de uso do solo vêm mudando drasticamente esse padrão de funcionamento dos ecossistemas. O Novo Código Florestal ampara a proteção da vegetação ciliar que margeia diretamente os corpos hídricos. Reforça a importância de veiculação de informações referentes aos aspectos legais envolvidos na definição de APP, bem como a necessidade de desenvolvimento e divulgação de modelos específicos para diferentes contextos ambientais, minimizando as chances de fracasso de projetos de recuperação devido à adoção de metodologias genéricas.

No **Capítulo IV**, “Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal”, aponta que a agroecologia e suas práticas conservacionistas podem contribuir com novos arranjos tecnológicos visando a qualidade dos recursos ambientais e a produção sustentável. Aponta que a matéria orgânica do solo (MOS) é um de seus principais componentes: em associação com os elementos minerais, contribuem na formação de agregados e na estruturação do solo. Os Sistemas Agroflorestais (SAF), por produzirem volumes consideráveis de MOS, têm sido amplamente divulgados como modelos de recuperação de pastagens e em lavouras de café sob manejo convencional.

No **Capítulo V**, “Fungos micorrízicos arbusculares (FMA): alternativa agroecológica para recuperação biológica dos solos degradados”, mostra que os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são um importante grupo funcional da



microbiota do solo, amplamente distribuídos em agroecossistemas tropicais e extremamente importantes para o desenvolvimento de culturas agrícolas, principalmente quando cultivadas em solos pobres. A inoculação de FMA é uma alternativa agroecológica para recuperação biológica dos solos degradados, desde que acompanhada de manejo que contribua para sua nova colonização e resulte na melhoria do estado nutricional e na utilização dos nutrientes pelas plantas hospedeiras, diminuição do estresse biótico e abiótico.

No **Capítulo VI**, “A relevância da matéria orgânica para a manutenção da qualidade solo”, discute a importância da matéria orgânica do solo (MOS): uma vez estando em seu nível ótimo, significa uma boa condição agrícola e ambiental do sistema, implicando na redução da erosão, na elevação da capacidade de amortecimento e na filtragem da água, além do favorecimento ao habitat para os organismos vivos. É necessário conhecer estratégias que enfatizem procedimentos que levem ao desenvolvimento ecologicamente sustentável, com novos arranjos tecnológicos compatíveis com a manutenção da MOS e que viabilizem a conservação e, ou, a recuperação do meio ambiente nos processos de produção de alimentos.

No **Capítulo VII**, “Impactos ambientais sobre a biodiversidade do solo decorrentes do uso do fogo: agroecologia e técnicas de produção sustentáveis”, discutem-se sobre os principais impactos do uso do fogo na agricultura, particularmente na Amazônia, a fim de compreender as consequências desta técnica de cultivo, bem como destacar a utilização de técnicas alternativas a este sistema, que visam a conservação da biodiversidade do solo. Algumas práticas são os sistemas agroflorestais (SAF), Roça sem Queima, Plantio Direto, Adubação verde, Trituração de capoeira, entre outras.

No **Capítulo VIII**, “Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração”, exemplifica como a atividade de mineração provoca alterações significativas no local onde é praticada. Assinala que a *Política Nacional do Meio Ambiente* de 1981, objetivando a recuperação da qualidade ambiental, instituiu a obrigação de se recuperar as áreas degradadas pelos empreendimentos minerários. Conforme este Decreto, regulamentado em 1989, todos os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão submeter Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), criando a obrigatoriedade de que todo empreendimento mineral deverá apresentar o

PRAD juntamente com o EIA/RIMA. As principais estratégias do PRAD são as operações de restauração e reabilitação dos locais afetados pelas atividades produtivas, visando principalmente a revegetação via: Medidas de sistematização de terreno; Restabelecimento da cobertura vegetal; Plantio de espécies arbóreas por muda; Semeadura direta (“muvucas de sementes”); Técnicas nucleadoras; Condução da regeneração natural; Adubação Verde com Fabáceas, entre outras.

No **Capítulo IX**, “Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente”, discute a importância da manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APP) das propriedades rurais. Para aperfeiçoar a proteção dos recursos hídricos, em 2012 foi publicada a Lei nº 12.651, também conhecida como Novo Código Florestal. A legislação ambiental prevê diversas possibilidades para a atividade agroflorestal em APP, inclusive no Estado do Espírito Santo. Para melhor compreensão sobre este tema, o presente capítulo aborda aspectos técnicos, de manejo e socioeconômicos envolvendo Sistemas Agroflorestais (SAF). Além disso, também aborda os aspectos legais envolvendo SAF e APP.

No **Capítulo X**, “A agrofloresta como forma de recuperação e educação ambiental no município de Castelo, Espírito Santo”, aponta que a agroecologia vem se consolidando há décadas diante do cenário predatório criado pela indústria agrícola atual. Mostra que os critérios de desempenho em sistemas agroecológicos não se limitam a produções crescentes, mas sim em características como sustentabilidade, segurança alimentar, estabilidade biológica, conservação de recursos e equidade social. Assim, este capítulo tem o objetivo de disseminar conhecimento a respeito de práticas agroecológicas, com foco na Agrofloresta, a fim de explicar suas aplicações na recuperação de áreas degradadas, bem como na educação ambiental, vista como base para a mudança de paradigmas e sensibilização da sociedade. Objetivou-se ainda realizar o relato da experiência com implantação da agrofloresta por meio de mutirão agroflorestal na comunidade de Apeninos, na zona rural de Castelo, Espírito Santo.

Nas **Considerações finais**, há críticas e sugestões, no sentido de converter essas novas ideias e conceitos em ação. Sugere-se a mudança do atual modelo de produção agropecuário e urbano-industrial, dada a visível

insustentabilidade verificada até o presente momento.

Anseia-se, ao final da leitura dos referidos capítulos, que sejam satisfeitos alguns dos questionamentos sobre os modelos de produção atualmente praticados. Espera-se que surjam comentários que contribuam para o bom desenvolvimento e aplicabilidade do presente e dos próximos trabalhos.

Professor Maurício Novaes Souza  
Guarapari, maio de 2022.

## **Autores**

### **Alex Justino Zacarias**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre-ES. E-mail: alexjustino12@gmail.com

### **Aline Marchiori Crespo**

Extensionista da INCAPER Cachoeiro do Itapemirim e Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47. CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail: alinemcrespo@gmail.com

### **Ana Lídia Chaves Gomes**

Graduanda em Tecnologia de Cafeicultura do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail: alcgomess@gmail.com.

### **André Geaquinto Ferri**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47. CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: andregeafer@gmail.com

### **Bruno Fazolo Repposi**

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: brunofazolo2@gmail.com

### **Camila Barbiero Siqueira**

Pós-graduada em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre e Mestranda em Solos pela UFES campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: cbarbiero2709@gmail.com

### **Credigar Gonçalves Moreira**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: cgmoreira@ifes.edu.br

### **Cristiano de Oliveira**

Pós-graduado em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: cristiano.oliveira@idaf.es.gov.br

### **Danillo Sartório Rangel**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47. CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: danillosrangel@gmail.com

### **Dayvson Dansi Rodrigues**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail:dansibio@gmail.com

### **Ediane Lima da Silva**

Graduada em Tecnologia em Agroecologia pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA)-Bragança, Caixa Postal 71, CEP 68.600-000; Discente do Programa de Pós-Graduação em Agroextrativismo sustentável e desenvolvimento rural do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) - Campus Breve, Pará. E-mail: dasilvaediane546@gmail.com

### **Eloisio de Oliveira Martins**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: eloisiodeom@gmail.com

**Euliene Pereira Henrique**

Graduada em Tecnologia em Agroecologia pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA)-Bragança; Pós-graduada em Agroecologia e Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: euliene.pereira@gmail.com

**Evaldo de Paula**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47. CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: evaldodepaula1969@gmail.com

**Gabriel Permanhe da Silva**

Pós-graduado em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: permanhaneg@gmail.com

**Geisa Corrêa Louback**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: geisa.louback1980@gmail.com

**Guilherme Andrião Trugilho**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail: guilhermeat.bio@gmail.com

**Igor Borges Peron**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail: igor.borgesperon@gmail.com

**João Paulo Andrade Gomes**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: joao.gomes@ifes.br

**João Sávio Monção Figueiredo**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: moncaofigueiredo@gmail.com

**José Carlos Lambert**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: lambertjcarlos@gmail.com

**Leticia Rigo Tavares**

Pós-graduada em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: leticiarigot@hotmail.com

**Loruama Geovanna Guedes Vardiero**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail: loruamaggvardiero@gmail.com

**Lucas Henrique Cortat**

Pós-graduado em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: lucascortat@gmail.com

**Luiz Flávio Vianna Silveira**

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: luiz.silveira@ifes.edu.br

**Marcus Vinícius Campos Gall**

Graduando em Tecnologia de Cafeicultura do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail: [viniciuscorda@gmail.com](mailto:viniciuscorda@gmail.com)

**Maria Amélia Bonfante da Silva**

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre-ES. E-mail: [amelbsilva@gmail.com](mailto:amelbsilva@gmail.com)

**Marina Pereira Ribeiro Sardinha**

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre-ES. E-mail: [marinars@ifes.edu.br](mailto:marinars@ifes.edu.br)

**Maurício Novaes Souza**

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

**Otacílio José Passos Rangel**

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre - ES. E-mail: [otaciliorangel@gmail.com](mailto:otaciliorangel@gmail.com)

**Otávio Pereira Araujo**

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: [araujo.otavio1994@gmail.com](mailto:araujo.otavio1994@gmail.com)

**Priscilla Moreira Curtis Peixoto**

Pós-graduada em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre-ES. E-mail: [priscilla.mcpeixoto@gmail.com](mailto:priscilla.mcpeixoto@gmail.com)



**Renato Ribeiro Passos**

Professor da Universidade Federal do Espírito Santo campus de Alegre e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre - ES. E-mail: renatoribeiropassos@hotmail.com

**Ricardo Garcia Lima**

Pós-graduado em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre-ES. E-mail: limagarciaricardo@outlook.com

**Silvia Aline Bérghamo Xavier**

Mestranda e Pós-graduada em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail: silviaaline.xavier@gmail.com

## Índice

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>36</b>
<b>Avaliação de impactos ambientais: definições, glossário e conceitos</b>	
Maurício Novaes Souza	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>72</b>
<b>Avaliação de impactos ambientais: histórico e procedimentos</b>	
Maurício Novaes Souza	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>114</b>
<b>Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente</b>	
Cristiano Oliveira, Bruno Fazolo Repposi, André Geaquinto Ferri, Gabriel Permanhane da Silva, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Guilherme Andrião Trugilho, Danillo Sartório Rangel, Geisa Corrêa Louback, Luiz Flávio Vianna Silveira, Maurício Novaes Souza	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>137</b>
<b>Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal</b>	
Eloisio de Oliveira Martins, Guilherme Andrião Trugilho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Maurício Novaes Souza	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>158</b>
<b>Fungos micorrízicos arbusculares (FMA): alternativa agroecológica para recuperação biológica dos solos degradados</b>	
Lucas Henrique Cortat, Danillo Sartório Rangel, José Carlos Lambert, João Paulo Andrade Gomes, Maria Amélia Bonfante da Silva, João Sávio Monção Figueiredo, Otávio Pereira Araujo, Maurício Novaes Souza	

**CAPÍTULO 6 ..... 185**

**A relevância da matéria orgânica para a manutenção da qualidade solo**

Maria Amélia Bonfante da Silva, José Carlos Lambert, Otacílio José Passos Rangel, Renato Ribeiro Passos, Aline Marchiori Crespo, Bruno Fazolo Repposi, Alex Justino Zacarias, Marcus Vinícius Campos Gall, Maurício Novaes Souza

**CAPÍTULO 7 ..... 208**

**Impactos ambientais sobre a biodiversidade do solo decorrentes do uso do fogo: agroecologia e técnicas de produção sustentáveis**

Ediane Lima da Silva, Euliene Pereira Henrique, João Sávio Monção Figueiredo, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Marina Pereira Ribeiro Sardinha, Maurício Novaes Souza

**CAPÍTULO 8 ..... 229**

**Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração**

Priscila Moreira Curtis Peixoto, Evaldo de Paula, Credigar Gonçalves Moreira, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Igor Borges Peron, Maria Amélia Bonfante da Silva, Maurício Novaes Souza

**CAPÍTULO 9 ..... 270**

**Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente**

Ricardo Garcia Lima, Eloisio de Oliveira Martins, Leticia Rigo Tavares, Danillo Sartório Rangel, Geisa Corrêa Louback, Guilherme Andrião Trugilho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Igor Borges Peron, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Ana Lúcia Chaves Gomes, Maurício Novaes Souza

**CAPÍTULO 10 ..... 299**

**A agrofloresta como forma de recuperação e educação ambiental no município de Castelo, Espírito Santo**

Camila Barbiero Siqueira, Danillo Sartório Rangel, Dayvson Dansi Rodrigues, Guilherme Andrião Trugilho, Igor Borges Peron, Maurício Novaes Souza

**CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 325**

---

## Avaliação de impactos ambientais: definições, glossário e conceitos

Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c1>

### Resumo

Os acidentes ambientais afetam os diversos componentes do ecossistema de modo direto e indireto, cujos efeitos de seus impactos e de suas externalidades variam no espaço e no tempo. Além disso, a diversidade e a complexidade dos componentes ambientais que geralmente são afetados nos acidentes dificultam a análise dos impactos originados: deve ser obrigatoriamente realizada pelo profissional que realiza os procedimentos de recuperação ou as demais atividades citadas, visando o levantamento de incoerências. Os impactos e seus efeitos podem acontecer em diferentes ambientes, por exemplo, na área rural. Isso significa que, dependendo do lugar onde acontece o evento indesejável, os aspectos, os impactos e seus efeitos apresentam diferenças significativas, devendo ser analisados de maneira sistemática para que os resultados a serem obtidos possam se revelar de modo consistente. As técnicas empregadas para avaliar os impactos ambientais, em geral, são aquelas adotadas nos Estudos de Impactos Ambientais e nos Relatórios de Avaliação de Impactos Ambientais (EIA-RIMA), nos processos de licenciamento de empreendimentos e nas auditorias. Contudo, infelizmente, não existe ainda um modelo generalizado que seja capaz de analisar os diferentes tipos de danos que acontecem nos inúmeros e complexos componentes presentes nos ecossistemas. A recomendação é começar sempre pelo mais óbvio e simples: ou seja, identificando e avaliando os impactos ambientais de maior importância e magnitude que são facilmente identificáveis, para então analisá-los visando a sua valoração e compensação monetária, seguindo-se os procedimentos de planejamento e de recuperação ambiental.

**Palavras-chave:** Recursos ambientais. Avaliações Ambientais. Sustentabilidade ambiental.

## 1. Introdução

Em todas as áreas de estudo existem expressões que lhes são peculiares: precisam ser bem entendidas e definidas para o bom entendimento e andamento das ações que serão praticadas, nesse caso, nos procedimentos das Avaliações de Impactos Ambientais (AIA). É muito importante conhecê-las para melhor identificá-las: principalmente porque os principais conceitos aplicados aos estudos de avaliação de impactos ambientais e conservação ambiental, não são bem compreendidos por grande parte dos produtores rurais, profissionais que entraram nessa ciência mais recentemente, ou ainda, não foram devidamente regulamentados pela legislação ambiental brasileira.

Frente à preocupação em organizá-los, faz-se necessário a definição dos mesmos com o intuito de estruturar as ideias e maximizar os pontos conflituosos existentes sobre o assunto, guiando para uma uniformização de entendimentos. Por esse motivo, serão apresentadas algumas expressões prioritárias relativas ao meio ambiente, visando facilitar o bom acompanhamento desta proposição: AIA e Recuperação de Áreas Degradadas (RAD).

## 2. Glossário: termos ambientais relacionados à AIA

Existem centenas de definições para a expressão **MEIO AMBIENTE** e temas a ele relacionados. Segundo a UNESCO (MUNN, 1975), Meio Ambiente é “tudo que rodeia o homem, quer como indivíduo, quer como grupo, tanto o natural como o construído, englobando o ecológico, o urbano, o rural, o social e mesmo o psicológico”.

Na Lei Federal nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, o meio ambiente é compreendido como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981).

Sánchez (2008) explica que o conceito de ambiente, no campo do planejamento e gestão ambiental é amplo, multifacetado e maleável. Amplo porque inclui tanto a natureza como a sociedade; multifacetado porque pode ser compreendido sob diferentes perspectivas; maleável porque, ao ser amplo e multifacetado, pode ser reduzido ou ampliado de acordo com as necessidades do analista ou os interesses dos envolvidos.

Portanto, entende-se que o meio ambiente é constituído por todas as interações naturais, incluindo tudo que envolve o homem, as interações com ele ocorridas e por ele provocadas. O fato é que todas as definições estão corretas e se complementam - umas amplas, outras contidas no campo de uma dada profissão e, ou, visão:

- Conjunto de elementos importantes para a sociedade humana que atualmente não é levado em conta pelos agentes econômicos neoliberais (visão antropocêntrica);
- Conjunto de elementos e fatores indispensáveis à vida: a) Meio Abiótico = Meio Físico; e b) Meio Biótico = Biocenose = conjunto de seres vivos (visão ecocêntrica);
- Sistema físico e biológico global em que vivem o homem e os outros organismos (visão mista, mas limitada);
- Um todo complexo com muitos componentes interagindo em seu interior, interligados, interconectados, portanto, dependentes (visão sistêmica – Figura 1);
- Conjunto de condições que afetam a existência, desenvolvimento e bem-estar dos seres vivos (visão biológica).



**Figura 1.** Ecossistema ciliar com vegetação exuberante favorecendo a clareira em processo de recuperação no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2013).

**- Devem considerar:**

- Espaço ou hábitat;
- Condições físicas, químicas e biológicas do ambiente.

**- Devem compreender:**

- Ambientes Naturais - Ambientes que não sofreram a interferência do homem.
- Ambientes Artificiais - Ambientes modificados pelo ser humano (Figura 2).

**- Ecologia:**

Nesse capítulo, Ecologia será definida como o ramo da ciência humana que estuda a estrutura e o desenvolvimento das comunidades humanas em suas relações com o meio ambiente e suas adaptações a este, bem como os novos aspectos que os processos tecnológicos ou os sistemas de organização social possam acarretar para as condições de vida do homem. Tratando-se de RAD, deve estudar as relações, distribuição e abundância de organismos ou grupos de organismos em um ambiente já consolidado e naquele recém-criado.

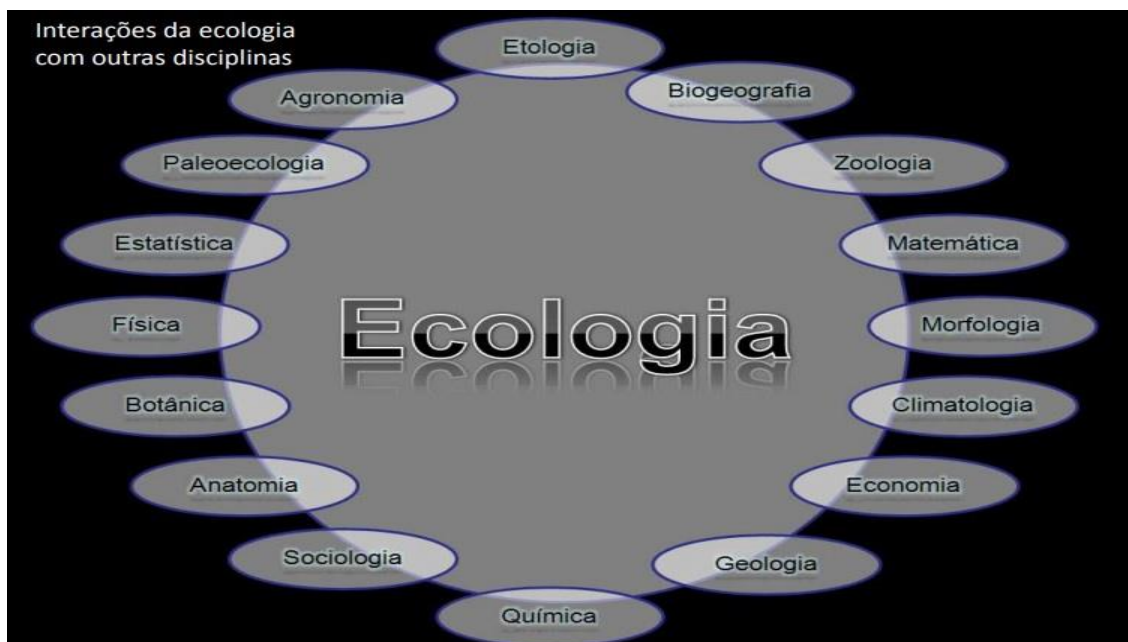


**Figura 2.** Ecossistema urbano com corpo hídrico confinado na área urbana de São João del-Rey, MG: ausência de APP e sem vegetação natural. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2010).

➤ **Definições de Ecologia:**

- É o estudo das relações totais dos animais no seu ambiente orgânico como inorgânico e em particular o estudo das relações do tipo positivo ou amistoso ou do tipo negativo (inimigos) entre plantas e animais no ambiente em que vive (ODUM, 2006).
- A palavra ecologia é derivada do grego *oikos*, que significa “casa”; e *logos*, que significa “estudo” (BONILLA; LUCENA, 2015).
- É o estudo do “ambiente da casa”, com todos os organismos contidos nela (incluindo o homem) e todos os processos funcionais que a tornam habitável (CONSTANZA, 1999).
- É a ciência que estuda as condições de existência dos seres vivos e as interações, de qualquer natureza, existentes entre esses seres e seu meio (DAJOZ, 2005).
- Ecologia é a ciência das relações dos seres vivos com o seu meio. Termo usado com frequência e erradamente para designar o meio ou o meio ambiente (DANSEREAU, 1978).

O fato é que para entender Ecologia é necessário conhecer uma gama de outras disciplinas a ela relacionada (Figura 3).



**Figura 3.** Interação da ecologia com outras disciplinas. Fonte: Bonilla; Lucena (2015).



## **- Recursos ambientais**

A Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, Lei Federal nº 6.938/1981, define recursos ambientais como sendo “a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora”. Os recursos ambientais são todos os recursos existentes no planeta, que engloba a terra, o ar, a água, a fauna e flora. Podem ser subdivididos em outros dois, quais sejam: recursos renováveis e não renováveis.

Grande parte da literatura diferencia os recursos renováveis dos não renováveis, segundo a sua inesgotabilidade, sem mencionar a escala de tempo necessária para esse esgotamento. Portanto, o entendimento necessário para compreensão desses termos deve partir da relação de tempo necessário para a renovação de um dado recurso.

Por exemplo, ao se pensar numa escala de tempo correspondente a uma geração humana (em torno de 25 anos), a fauna, a floresta e muitos recursos, especialmente nas regiões tropicais, podem ser considerados renováveis, em detrimento dos minerais. Caso a análise do tempo de renovação do recurso ultrapasse uma era geológica ou alguns milhares de anos, possivelmente, dentre os recursos renováveis, é possível incluir alguns minerais. Em suma, na compreensão do recurso como renovável ou não renovável, é necessário indexar uma escala de tempo (PEREIRA et al., 2012).

## **- Desenvolvimento sustentável**

É a forma de desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer as possibilidades de vida das gerações futuras, pela utilização excessiva dos recursos ambientais. Esta definição foi trazida pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD (1988), propondo uma cooperação internacional que pudesse orientar políticas e ações de modo a promover as mudanças necessárias para o uso racional dos recursos naturais. O texto ficou conhecido por todo o mundo pelo nome de “Nosso Futuro Comum” ou “Relatório Brundtland”. A personalidade associada a este relatório, que inclusive leva o seu nome, foi a Primeira Ministra Norueguesa à época Grö Harlem Brundtland, por ter sido a responsável pela elaboração do relatório.

### **- Impacto ambiental**

De acordo com o artigo 1º da Resolução CONAMA 001/86, Impacto Ambiental é

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente venham a afetar: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

O impacto ambiental, trazido por esta Resolução, não distingue os impactos positivos ou negativos. Portanto, entende-se que, numa avaliação e estudo de impactos ambientais (EIA), além dos impactos ambientais negativos causados pelo empreendimento, sejam contemplados também os impactos positivos. Quanto maior o detalhamento dos mesmos, melhor e mais rápida será a compreensão e a avaliação do estudo pelo órgão licenciador.

Para a Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2002), impacto ambiental pode ser compreendido como qualquer alteração significativa do meio ambiente em um ou mais dos seus componentes, provocada pela ação do homem.

### **- Poluição**

A poluição foi definida pela PNMA como “degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.” (BRASIL, 1981).

### **- Poluidor**

A PNMA também define poluidor como “a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental” (BRASIL, 1981).

### - Ecossistemas

É um conjunto formado pelas interações entre componentes bióticos, como os organismos vivos plantas, animais e microrganismos; bem como os componentes abióticos, elementos químicos e físicos, tais como o ar, a água, o solo e os minerais. Estes componentes interagem por intermédio das transferências de energia dos organismos vivos entre si, entre estes e os demais elementos de seu ambiente (ATLÂNTICA, 2014).

### - Ecossistema estável

Quando o ecossistema reage a um distúrbio absorvendo o impacto sofrido, sem sofrer mudanças, ajustando-se aos seus processos ecológicos (Figura 4). Exemplo: floresta madura após abertura natural de clareiras (MARTINS, 2009).



**Figura 4.** Interação entre floresta estável e área em processo de recuperação no Vale do Pati, Chapada Diamantina, BA. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2021).

### - Ecossistema perturbado

É aquele que, após sofrer certo distúrbio natural ou mesmo antrópico, consegue se regenerar naturalmente, por possuir resiliência (Figura 5). É o caso, por exemplo, de uma vegetação que, após queimada, consegue rebrotar (MARTINS, 2009).

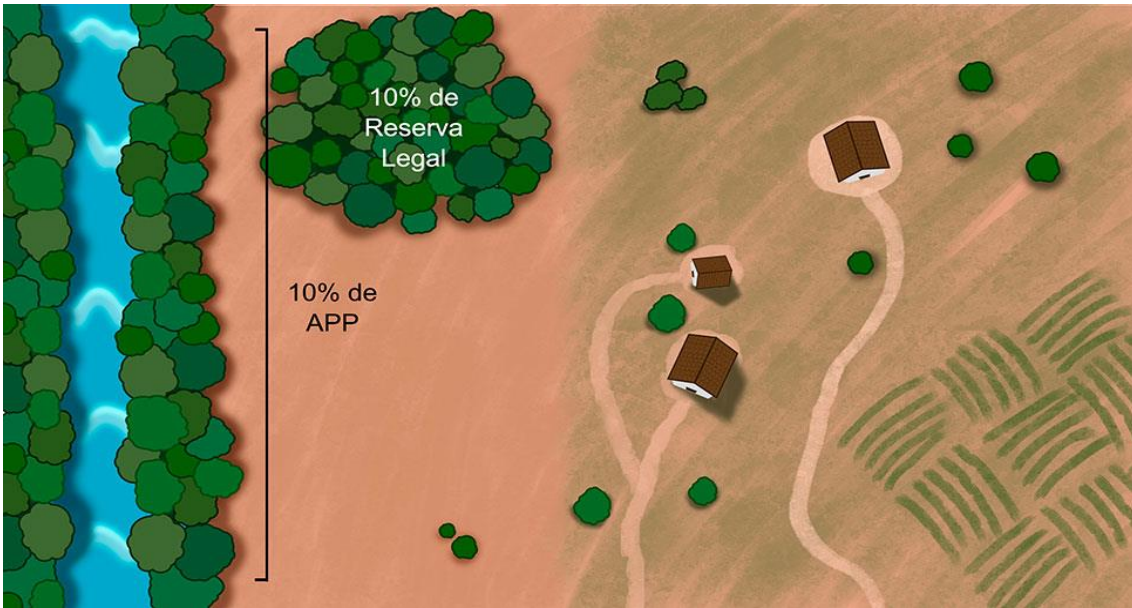


**Figura 5.** Ecossistema da Zona das Vertentes, MG: corpo hídrico e áreas de APP invadidas - média resiliência. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2018).

#### **- Áreas de preservação permanente (APP)**

Área de Preservação Permanente (APP) é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Lei nº 12.651/2012) (Figura 6).

A **APP**, por sua vez, refere-se à área a ser preservada no entorno de recursos hídricos, por exemplo. De acordo com a Lei nº 12.651, Reserva Legal (RL) é uma área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.



**Figura 6.** Corpo hídrico com área de APP preservada. Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro (2019).

**- Reserva legal (RL)**

É a área da propriedade que deve ter um percentual mínimo, definido em lei, de vegetação nativa, de modo a auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos (Figura 7).



**Figura 7.** Propriedades diversas com diferentes áreas de reserva legal. Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro (2019).

### ❖ **Da Delimitação da Área de Reserva Legal**

- Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei: (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

I - localizado na Amazônia Legal:

- a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;
- b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;
- c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais;

II - localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).

§ 1º Em caso de fracionamento do imóvel rural, a qualquer título, inclusive para assentamentos pelo Programa de Reforma Agrária, será considerada, para fins do disposto do caput, a área do imóvel antes do fracionamento.

§ 2º O percentual de Reserva Legal em imóvel situado em área de formações florestais, de cerrado ou de campos gerais na Amazônia Legal será definido considerando separadamente os índices contidos nas alíneas a, b e c do inciso I do caput.

§ 3º Após a implantação do CAR, a supressão de novas áreas de floresta ou outras formas de vegetação nativa apenas será autorizada pelo órgão ambiental estadual integrante do SISNAMA<sup>3</sup> se o imóvel estiver inserido no mencionado cadastro, ressalvado o previsto no art. 30.

§ 4º Nos casos da alínea a do inciso I, o poder público poderá reduzir a Reserva Legal para até 50% (cinquenta por cento), para fins de recomposição, quando o Município tiver mais de 50% (cinquenta por cento) da área ocupada por unidades de conservação da natureza de domínio público e por terras indígenas homologadas.

§ 5º Nos casos da alínea a do inciso I, o poder público estadual, ouvido o Conselho Estadual de Meio Ambiente, poderá reduzir a Reserva Legal para até 50% (cinquenta por cento), quando o Estado tiver Zoneamento Ecológico-

---

<sup>3</sup> **SISNAMA** é a sigla para Sistema Nacional do Meio Ambiente, o conjunto de órgãos públicos (da União, de estados, de municípios, do Distrito Federal e de territórios [1], bem como órgãos não governamentais instituídos pelo poder público) responsáveis pela proteção ambiental no Brasil.

Econômico aprovado e mais de 65% (sessenta e cinco por cento) do seu território ocupado por unidades de conservação da natureza de domínio público, devidamente regularizadas, e por terras indígenas homologadas.

§ 6º Os empreendimentos de abastecimento público de água e tratamento de esgoto não estão sujeitos à constituição de Reserva Legal.

§ 7º Não será exigido Reserva Legal relativa às áreas adquiridas ou desapropriadas por detentor de concessão, permissão ou autorização para exploração de potencial de energia hidráulica, nas quais funcionem empreendimentos de geração de energia elétrica, subestações, ou seja, instaladas linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica.

§ 8º Não será exigido Reserva Legal relativa às áreas adquiridas ou desapropriadas com o objetivo de implantação e ampliação de capacidade de rodovias e ferrovias.

#### **- Cadastro Ambiental Rural (CAR)**

Foi criado pela Lei nº 12.727, de 2012:

Art. 29. É criado o Cadastro Ambiental Rural - CAR, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

§ 1º A inscrição do imóvel rural no CAR deverá ser feita, preferencialmente, no órgão ambiental municipal ou estadual, que, nos termos do regulamento, exigirá do proprietário ou possuidor rural: (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

I - identificação do proprietário ou possuidor rural;

II - comprovação da propriedade ou posse;

III - identificação do imóvel por meio de planta e memorial descritivo, contendo a indicação das coordenadas geográficas com pelo menos um ponto de amarração do perímetro do imóvel, informando a localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das Áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e, caso existente, também da localização da Reserva Legal.

§ 2º O cadastramento não será considerado título para fins de reconhecimento do direito de propriedade ou posse, tampouco elimina a necessidade de cumprimento do disposto no art. 2º da Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001.

§ 3º A inscrição no CAR será obrigatória para todas as propriedades e posses rurais, devendo ser requerida no prazo de 1 (um) ano contado da sua implantação, prorrogável, uma única vez, por igual período por ato do Chefe do Poder Executivo.

Art. 30. Nos casos em que a Reserva Legal já tenha sido averbada na matrícula do imóvel e em que essa averbação identifique o perímetro e a localização da reserva, o proprietário não será obrigado a fornecer ao órgão ambiental as informações relativas à Reserva Legal previstas no inciso III do § 1º do art. 29.

**Parágrafo único.** Para que o proprietário se desobrigue nos termos do *caput*, deverá apresentar ao órgão ambiental competente a certidão de registro de imóveis onde conste a averbação da Reserva Legal ou termo de compromisso já firmado nos casos de posse.

#### **- Área rural consolidada**

De acordo com a Lei nº 12.651, é a área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio.

#### **- Pequena propriedade ou posse rural familiar**

Aquela explorada mediante o trabalho pessoal do agricultor familiar e empreendedor familiar rural, incluindo os assentamentos e projetos de reforma agrária, e que atenda ao disposto no art. 3º da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006.

#### **- Unidade de módulo fiscal**

O módulo fiscal é uma unidade de medida usada para definir o tamanho da propriedade/imóvel rural, sendo expressa em hectare e fixada para cada município.



A unidade é fixada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e leva em conta quatro fatores: 1) o tipo de exploração predominante no município; 2) a renda obtida pelo tipo de exploração predominante; 3) outras explorações existentes no município, que embora não sejam predominantes, sejam expressivas; 4) o conceito de propriedade familiar. De acordo com a EMBRAPA (2019), o valor do módulo fiscal no Brasil varia de 5 a 110 hectares.

Foi instituído pela Lei 8.629 de 25 de fevereiro de 1993 e a classificação atual é:

- Minifúndio: área inferior a 1 módulo fiscal;
- Pequena Propriedade: área entre 1 e 4 módulos fiscais;
- Média Propriedade: área superior a 4 e até 15 módulos fiscais;
- Grande Propriedade: área superior a 15 módulos fiscais.

#### **- Uso alternativo do solo**

Substituição de vegetação nativa e formações sucessoras por outras coberturas do solo, tais como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana.

#### **- Manejo sustentável**

Administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços.

#### **- Solo degradado**

Solo em que a camada superficial, onde se concentra a matéria orgânica e os nutrientes, foi parcialmente (mais da metade) ou totalmente removida, suprimida ou compactada de modo a comprometer o desenvolvimento normal das atividades agrícolas (BARRETO et al., 2012) (Figura 8).



**Figura 8.** Margem do rio das Mortes em São João del-Rey sem proteção da APP: invadida por taboas e lixo urbano. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2018).

### - Degradação

A degradação ambiental ocorre quando a vegetação nativa e a fauna foram destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil de um solo foi perdida; a qualidade do ar e dos recursos hídricos, incluindo o regime de vazão, foi alterada, inviabilizando o desenvolvimento socioeconômico em níveis adequados.

### - Área degradada

É o local que após ter passado por algum processo que gerou um impacto negativo, perde a sua capacidade de se estabilizar naturalmente - tem reduzida a sua capacidade de resiliência: majoritariamente, fica impossibilitada de retornar, por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe ao estado inicial, dificilmente sendo restaurada, apenas recuperada. Ou seja, passou, em algum nível, perturbações em sua integridade, sejam elas de natureza física, química ou biológica (Figura 9).

O Decreto Federal 97.632/89 define o conceito de degradação ambiental como sendo “processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade produtiva dos recursos naturais”.



**Figura 9.** Área de pastagem degradada. Fonte: José Francisco Lopes (2019).

#### **- Área perturbada**

É aquela em que após o impacto, ainda mantém capacidade de regeneração natural e pode ser restaurada.

#### **- Degradação da qualidade ambiental**

A degradação da qualidade ambiental é definida pela PNMA como “a alteração adversa das características do meio ambiente” (BRASIL, 1981). Toda poluição é causada pelo homem sendo entendida como evento negativo ao meio ambiente. Enfim, a PNMA se preocupou em estabelecer, de forma categórica, esta sequência de definições permitindo ao leitor compreender que toda poluição é prejudicial ao meio ambiente e tem causa antrópica. A diferença básica entre poluição e impacto ambiental é que a segunda, além da possibilidade de ser considerada poluição, pode também ser entendida como impactos positivos. A avaliação e estudo dos impactos ambientais, portanto, vai além da caracterização dos eventos negativos.

#### **- Conservação do solo**

A conservação do solo representa o conjunto de práticas agrícolas destinadas a preservar a fertilidade química e as condições físicas e microbiológicas do solo (SEGUY et al., 1984; SOUZA, 2018) (Figuras 10 e 11).



**Figura 10.** Possíveis áreas de APP e propriedade com respeito à legislação ambiental. Fonte: Cartilha Código Florestal Brasileiro (2019).



**Figura 11.** Sítio Jaqueira Agroecologia: práticas de conservação do solo e água. Fonte: Arquivo do Sítio Jaqueira (2009).

### - Resiliência

É a capacidade de um ecossistema se regenerar após sofrer algum tipo de intervenção que gerou algum tipo de perturbação em seu equilíbrio. O conceito de resiliência tornou-se conhecido por intermédio dos trabalhos de C. S. Holling, desde 1973 (HOLLING, 1978). Quanto maior a diversidade de um dado ecossistema, maior tenderá a ser sua resiliência (ALMEIDA; SAMPAIO; ALMEIDA, 2017) (Figura 12).



**Figura 12.** Pequenas propriedades em regime de Permacultura: elevada biodiversidade. Fonte: Euricovianna/permacultura (2019).

### - Recuperação

Atualmente, o termo recuperação tem sido aplicado no sentido não apenas de promover a regeneração de uma determinada área degradada. Em muitos casos, com a preocupação de que esse processo ocorra buscando o equilíbrio do ecossistema, ao longo do tempo, ou seja, a recuperação estaria se aproximando da restauração (MARTINS, 2009) (Figura 13).

O Capítulo X do programa de apoio e incentivo à preservação e recuperação do meio ambiente, em seu Art. 41 (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012), afirma:

É o Poder Executivo federal autorizado a instituir, sem prejuízo do cumprimento da legislação ambiental, programa de apoio e incentivo à

conservação do meio ambiente, bem como para adoção de tecnologias e boas práticas que conciliem a produtividade agropecuária e florestal, com redução dos impactos ambientais, como forma de promoção do desenvolvimento ecologicamente sustentável, observados sempre os critérios de progressividade, abrangendo as seguintes categorias e linhas de ação:



**Figura 13.** Margem de rio em Tiradentes, MG, com proteção de sacos com mistura de *solo-cimento* e água. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2018).

I - pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição, monetária ou não, às atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas e que gerem serviços ambientais, tais como, isolada ou cumulativamente:

- a) o sequestro, a conservação, a manutenção e o aumento do estoque e a diminuição do fluxo de carbono;
- b) a conservação da beleza cênica natural;
- c) a conservação da biodiversidade;
- d) a conservação das águas e dos serviços hídricos;
- e) a regulação do clima;
- f) a valorização cultural e do conhecimento tradicional ecossistêmico;
- g) a conservação e o melhoramento do solo;
- h) a manutenção de Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito.

Assim, a restauração pode ser dividida em:

A) Sentido restrito – condição pré-distúrbio do sítio é replicada após a ação de degradação; ou seja, restauração implica na volta da condição ecológica original ou no retorno completo do ecossistema degradado às condições ambientais originais;

B) Sentido amplo – o retorno às condições originais não seria o objetivo principal da restauração, e sim restaurar a integridade ecológica do ecossistema, sua biodiversidade e estabilidade no longo prazo.

### - Reabilitação

A reabilitação pode ser compreendida em atribuir uma dada função de uso, procurando restabelecer suas principais características, procurando atingir a estabilidade do ecossistema, não necessariamente semelhante à condição pré-degradação (CRESPO et al., 2020; SOUZA, 2021) (Figura 14). Contudo, para Souza (2018; 2021), na prática, não existe diferença entre recuperação e reabilitação.



**Figura 14.** Curso de rio em processo de reconstrução na região de Brumadinho. Fonte: Fundação Renova (2022).

### **- Restauração**

Retorno da área ao estado original, anteriormente à degradação. É o processo mais complexo no trabalho de recuperação ambiental. Além da recuperação, conforme já mencionada, a restauração pretende tornar a área o mais semelhante possível à sua condição anterior da intervenção. Brasil (2000) define restauração como “o processo de restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada para uma condição mais próxima possível da original”.

### **- Revitalização**

A revitalização é entendida como um conjunto de medidas que visa criar nova vitalidade ou a dar novo grau de eficiência a uma dada atividade. É um conceito novo na área ambiental e vem sendo utilizado na literatura em associação às bacias hidrográficas. Tem como foco a garantia da oferta de água em quantidade e qualidade a uma determinada população. O MMA define revitalização como o processo de recuperação, preservação e conservação das bacias hidrográficas em situação de vulnerabilidade e degradação ambiental, por meio de ações integradas e permanentes, que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioambientais, o aumento da quantidade e a melhoria da qualidade da água para uso múltiplo.

A revitalização geralmente é empregada em trabalhos onde a bacia hidrográfica foi perturbada, pretendendo-se intervir de forma a retornar a sua capacidade em prover o ecossistema de suas atividades originais (serviços ambientais), principalmente a de recarga do lençol freático.

### **- Programa de Regularização Ambiental - PRA**

Art. 59. da Lei nº 12.671, de 19 de junho de 2012: A União, os Estados e o Distrito Federal deverão, no prazo de 1 (um) ano, contado a partir da data da publicação desta Lei, prorrogável por uma única vez, por igual período, por ato do Chefe do Poder Executivo, implantar Programas de Regularização Ambiental – PRA, de posses e propriedades rurais, com o objetivo de adequá-las aos termos deste Capítulo.



### - Mata ciliar

Corresponde a faixa de floresta mais estreita, limitada à beirada dos diques marginais dos rios, estando presente nas regiões em que a vegetação original de interflúvio também é florestal (Figura 15). Para efeitos práticos, em termo de recuperação e legislação, a expressão mata/floresta ciliar tem sido amplamente usada para designar, de forma genérica e popular, todos os tipos de formações florestais ocorrentes às margens dos cursos d'água, independentemente do regime de elevação do rio ou do lençol freático e do tipo de vegetação de interflúvio (MARTINS, 2007).



**Figura 15.** Margem esquerda de lagoa com proteção da APP e margem direita em processo de revegetação no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2014).

### - Agroecologia

A Agroecologia nos traz a ideia e a expectativa de um novo modelo de produção agropecuário, capaz de fazer bem aos homens e ao meio ambiente de uma forma ampla. Afasta-se da orientação dominante de uma agricultura intensiva em capital, energia e recursos naturais não renováveis, agressiva ao meio ambiente, excludente do ponto de vista social e causadora de dependência econômica (CAPORAL; COSTABEBER, 2002; SILVA et al., 2021) (Figura 16).

Na agroecologia, a ênfase não deve estar centrada nos produtos, mas sim nos processos que envolvem a produção! Baseados nos princípios originais do movimento agroecológico, devem estar inclusos, além da saúde, a ecologia, a equidade e o cuidado (CRESPO et al., 2020).



Figura 16. Compromissos da Agroecologia. Fonte: ECOVIDA (2021).

### - Sistemas agroflorestais (SAF)

Os sistemas agroflorestais podem ser definidos como sendo a modalidade de uso integrado da terra para fins de produção florestal, agrícola e pecuário (MARTINS; SOUZA 2013). Os aspectos principais dos sistemas agroflorestais estão na presença deliberada de componentes florestais para fins de produção, de proteção ou visando ambas as situações, simultaneamente (PASSOS; COUTO, 1997) (Figura 17).

### - Conservacionismo

É a gestão da utilização dos elementos da biosfera, de modo a produzir benefícios à população humana, mantendo suas potencialidades necessárias às gerações futuras (Figura 18). O conservacionismo contempla ações de preservação, de manutenção e de restauração ou recuperação dos elementos da biosfera (LEITE; MACIEL; DE ARAÚJO, 2014).



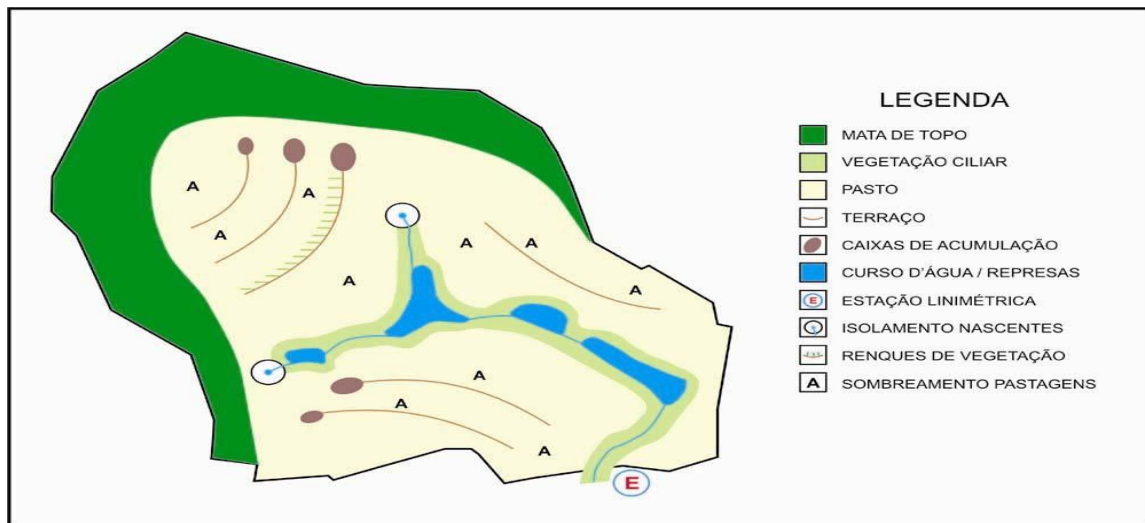
**Figura 17.** Café em SAF em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES: Fazenda experimental da Incaper. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2018).

#### - Conservação do solo

É a ciência que estuda e apregoa ações de preservação, de manutenção e de restauração ou recuperação das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, estabelecendo critérios para sua ocupação e utilização sem comprometer suas potencialidades (LEITE; MACIEL; DE ARAÚJO, 2014) (Figura 19).



**Figura 18.** Área de produção totalmente incorporada ao ecossistema: conservação. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2014).



**Figura 19.** Práticas de conservação do solo. Fonte: EMBRAPA, 2016.

#### - Agricultura e pecuária conservacionista

É a agropecuária praticada segundo os preceitos da “Ciência da Conservação do Solo” (Figura 20). A agricultura conservacionista é entendida como a agricultura conduzida sob a proteção de um complexo de tecnologias de caráter sistêmico, com a finalidade de preservar, de manter e de restaurar – ou recuperar – os recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade, devidamente compatibilizada com o uso de insumos externos (LEITE; MACIEL; DE ARAÚJO, 2014).



**Figura 20.** Terraços de base estreita em nível em pastagem na microbacia do Araújo, Viçosa, MG: captação e retenção de água. Fonte: Valente; Gomes (2005).

## 2. Impacto Ambiental (IA)

Segundo a ISO 14001, impacto ambiental é toda modificação no meio ambiente, tanto adversa quanto benéfica, total e, ou, parcial, resultante dos aspectos ambientais de uma organização. Resumidamente, os impactos ambientais podem ser entendidos como as alterações que o ser humano provoca no meio ambiente, sejam elas advindas da inserção, supressão e, ou, sobrecarga de elementos no meio (ALMEIDA; SAMPAIO; ALMEIDA, 2017). Cabe enfatizar que a legislação somente reconhece como impactos ambientais as alterações provocadas por atividades antrópicas.

Embora existam inúmeros fenômenos naturais e organismos vivos que modificam o ambiente, pela definição presente na resolução do CONAMA<sup>4</sup> nº 01 de 1986, acima registrada, não causam impactos ambientais. Contudo, podem-se encontrar na literatura alterações ambientais de origem não antrópica sendo denominadas de impactos ambientais (MATA-LIMA et al., 2013; SOUZA, 2018). Também é importante mencionar que as alterações nos aspectos socioeconômicos são consideradas como impactos ambientais.

Embora alguns autores dissociem o ser humano do meio ambiente, a legislação brasileira e a maioria dos estudiosos da área, entendem que o homem é parte do meio ambiente, bem como exerce forte influência sobre o mesmo. Assim, além das modificações no meio físico e no meio biológico, as alterações causadas pelas atividades antrópicas no meio socioeconômico também devem ser abordadas nos processos de AIA.

O CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, em seu Artigo 1º - para efeito de Resolução, considera como impacto ambiental:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de energia resultante das atividades humanas que, direta ou

---

<sup>4</sup> Órgão criado em 1982 pela [Lei nº 6.938/81](#), que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente - o **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)** é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA. Em outras palavras, o CONAMA existe para assessorar, estudar e propor ao Governo, as linhas de direção que devem tomar as políticas governamentais para a exploração e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais. Além disso, também cabe ao órgão, dentro de sua competência, criar normas e determinar padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.

indiretamente, afetam: a) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e e) a qualidade dos recursos ambientais”.

No entanto, há controvérsias: vários estudiosos do tema criticam essa definição, por ser semelhante à definição de poluição ambiental (sonora, visual, atmosférica, degradação do solo, dos recursos hídricos, entre outros). Deve-se ter em mente que a poluição causada por ações antrópicas gera impactos ambientais, mas nem toda alteração do meio ambiente é causada pela poluição (SÁNCHEZ, 2008).

Segundo Silva (1998), é importante compreender que esse conceito de impacto ambiental adotado pelo CONAMA abrange apenas os efeitos da ação humana sobre o meio ambiente, como também o efeito deve repercutir no homem e em suas atividades, demonstrando a forte conotação antropocêntrica dessa definição. Entretanto, para o Glossário de Ecologia da ACIESP (1987), impacto ambiental “é toda ação ou atividade, natural ou antrópica, que produz alterações bruscas em todo meio ambiente ou apenas em alguns de seus componentes. Conforme o tipo de interferência poderia ser classificado de ecológica, social ou econômica”.

Outra definição mais simples para impacto seria (FEAM, 2002): “qualquer alteração, favorável ou desfavorável, no meio ambiente ou em algum de seus componentes, por uma determinada ação ou atividade”.

### **3. Alterações ambientais**

De acordo com Kligerman (2005), as alterações ambientais podem ser:

- **Naturais** – processam-se mais ou menos lentamente, em escalas temporais, e variam de centenas de anos a poucos dias;

#### **- Antropogênicas**

São geralmente denominadas de efeitos ambientais. Deve-se estar ciente que um impacto ambiental é sempre consequência de uma ação (Figura 21). Observam-se as interferências antrópicas no ecossistema destacado: considerando que pertence ao Bioma Mata Atlântica, pouco pode ser observado de sua vegetação original. Dessa forma, a mudança de uso do solo provocou

efeitos ambientais que geraram impactos ambientais negativos. Há de se considerar, entretanto, que nem todas as ações do homem merecem ser consideradas como capazes de gerar de impacto ambiental. Os fatores que levam a se qualificar um efeito ambiental como significativo, envolvem escalas de natureza técnica, política e social. Os parâmetros ambientais relevantes são definidos pelas legislações, opções políticas, interesses sociais e condições técnicas.



**Figura 21.** Áreas de APP sem vegetação e com pastagens em avançados estádios de degradação entre os municípios de Alegre e Guaçuí, ES. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2018).

#### **4. Avaliação de impacto ambiental (AIA)**

O primeiro país a adotar a AIA foi os Estados Unidos da América, com a aprovação pelo congresso norte-americano da Política Nacional do Meio Ambiente (*National Environmental Policy of Act*) no ano de 1969, sendo sancionada pelo presidente em 1970 (DIAS, 2001). A partir desse ano, difundiu-se por todo o mundo em função das pressões exercidas por grupos ambientalistas, da atuação dos bancos de desenvolvimento, das conferências mundiais, dos tratados internacionais e de parte significativa da classe consumidora, com destaque aquelas de países de maior poder aquisitivo e de

maior responsabilidade ambiental (ALMEIDA; SAMPAIO; ALMEIDA, 2017; SOUZA, 2021).

A Agenda 21, a Declaração do Rio e a Convenção sobre Diversidade Biológica exigem que os países signatários utilizem a AIA. No Brasil, a AIA foi introduzida por meio de legislações estaduais no Rio de Janeiro e Minas Gerais, poucos anos antes da aprovação da Lei Federal nº 6.938 de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA), que institui a AIA como um instrumento nacional de prevenção de problemas ambientais (SÁNCHEZ, 2008; SOUZA, 2018). Todavia, a Lei necessitava ser regulamentada: foi realizado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). A resolução CONAMA nº 01 de 1986 apresenta uma série de diretrizes para o uso da AIA no país (CONAMA, 1986).

Desde então, a AIA vem sendo utilizada e aperfeiçoada no Brasil, ao nível federal, estadual e municipal, tendo se tornado uma ferramenta imprescindível para o licenciamento ambiental e para procedimentos de recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA; NEVES; SOUZA, 2015; SOUZA, 2021). Além disso, a AIA também é utilizada por empresas privadas na prevenção de problemas ambientais ocasionados pelos processos produtivos e pelo descarte dos produtos. Nesse sentido, a AIA é vital para a elaboração de Sistemas de Gestão Ambiental para as empresas e nos procedimentos de monitoramento de áreas recém-recuperadas (SEIFFERT, 2011; SOUZA, 2021).

Atualmente, muitos profissionais estão envolvidos com a AIA, elaborando estudos ambientais para o licenciamento de empreendimentos, avaliando a viabilidade ambiental de projetos e executando Sistemas de Gestão Ambiental. Dentre tais profissionais estão os Gestores Ambientais, que têm sua formação fortemente pautada na busca do desenvolvimento sustentável. O Projeto de Lei nº 2.664 de 2011, que regulamenta a atuação dos Gestores Ambientais, inclui a AIA como uma das atribuições desses profissionais (FONSECA et al., 2013).

Dessa forma, a AIA é um instrumento de planejamento, de RAD e de gestão ambiental efetivado pela Política Nacional do Meio Ambiente, com o objetivo de assegurar o exame dos impactos ambientais de planos, programas e projetos e de suas alternativas – tecnológicas e de localização, confrontando-as com a hipótese de sua não execução: infelizmente, quase não ocorre tal possibilidade. A AIA é um processo que envolve estudos técnicos e consultas à



comunidade visando avaliar os impactos ambientais de uma determinada proposta e oferecer subsídios para a tomada de decisão, a partir dos seguintes aspectos (SILVA, 1994b; DIAS, 1998; SOUZA, 2018; 2021):

- **Diagnóstico da área de influência antes da implantação do projeto;**
- **Identificação de mecanismos de causa e efeito;**
- **Análise dos impactos ambientais; e**
- **Efetividade das medidas mitigadoras a serem implantadas.**

Portanto, AIA é uma atividade designada para identificar e prever o impacto de uma ação no meio biogeofísico, na saúde e bem-estar do homem, e para interpretar e comunicar informação acerca dos impactos.

De acordo com Sánchez (2008), o impacto ambiental é uma alteração do meio ambiente provocada por ação humana, sendo esta alteração benéfica ou adversa. Embora a preocupação maior do estudo de impacto ambiental (EIA) seja devido às consequências adversas e, ou, negativas causadas pelo empreendimento, há que se assinalarem as alterações positivas de um projeto.

Contudo, há de se considerar: um impacto pode ser benéfico para um determinado grupo; porém, maléfico para outro. Por exemplo: a) a construção de uma hidrelétrica ou PCH - produzirá energia elétrica, mas também provocará a retirada de dezenas de famílias de suas propriedades nas áreas que serão inundadas; ou b) um porto em um balneário turístico - irá gerar empregos e renda, mas também atrairá um público não preferencial a esta atividade, aumentando a violência e gerando uma série de externalidades negativas.

Por esses motivos, a AIA é uma atividade que visa identificar, prever, interpretar e informar acerca dos impactos de uma ação sobre a saúde e o bem-estar humano, inclusive a “saúde” dos ecossistemas dos quais depende a sobrevivência do homem (MUNN, 1975).

De acordo com Moreira (1985), a AIA é um instrumento de política ambiental formado por um conjunto de procedimentos capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas. Os resultados deverão ser apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, sendo por eles

devidamente considerados. Cabe uma observação: existe a possibilidade da não execução do empreendimento (particularmente, quando Conselheiro do COPAM<sup>5</sup> da Zona da Mata Mineira no período de 2008-2012, apesar de número reduzido, alguns empreendimentos assentaram-se nessa condição).

Assim, a AIA **NÃO** deve ser considerada apenas como uma técnica, mas como uma dimensão política de gerenciamento, educação da sociedade e coordenação de ações impactantes, pois permite a incorporação de opiniões de diversos grupos sociais (CLAUDIO, 1987; QUEIROZ, 1990; SOUZA, 2021).

❖ **Em resumo:**

**AIA é um instrumento de planejamento e gestão ambiental que tem como objetivo assegurar o exame dos impactos ambientais de planos, programas e projetos e de suas alternativas tecnológicas e de localização.**

## **5. Considerações finais**

É fundamental conhecer as expressões utilizadas nos procedimentos de AIA. Nos dias atuais, a preocupação ambiental deixou de ser meramente o foco de pequenos grupos de interesse e ganhou importante papel nos negócios. Não mais se admite que uma dada empresa se estabeleça em um dado local e promova impactos ambientais negativos.

Por estas questões, na fase de planejamento são imprescindíveis que se realizem estudos coordenados e concomitantes relacionados aos aspectos ambientais, econômicos e técnicos, para que as soluções e alternativas adotadas efetivamente tenham em si incorporadas medidas de redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente.

No atual momento, observa-se que o crescimento populacional sem precedentes e os modelos de desenvolvimento agropecuário e urbano-industrial praticados nas últimas décadas produziram uma série de aspectos, impactos e externalidades ambientais negativos, com a geração de inúmeras áreas

---

<sup>5</sup> O Conselho Estadual de Política Ambiental - **Copam**, é um órgão colegiado, normativo, consultivo e deliberativo, subordinado administrativamente à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), por meio da Lei nº 23.304, de 30 de maio de 2019, do qual o secretário é seu presidente.

degradadas. A provável origem desses problemas se deve ao modelo desenvolvimentista que estimula o imediatismo nas fases de elaboração e implantação dos diversos empreendimentos em suas múltiplas atividades, com displicência, ou mesmo ausência de planejamento ambiental, não considerando, por exemplo, as questões relativas à predição e às relações sistêmicas que os envolvem.

## 6. Referências

ACIESP - ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Glossário de ecologia**. São Paulo: ACIESP/CNPq/FAPESP/SCT, 1987. 271p. (Publicação ACIESP, 57).

ALMEIDA, F. S.; SAMPAIO, F. de R. G. G.; ALMEIDA, A. A. de Avaliação de impactos ambientais: uma introdução ao tema com ênfase na atuação do gestor ambiental. **Diversidade e Gestão**, v. 1, n. 1, p. 70-87, 2017. Volume Especial.

ATLÂNTICA, **SOS Mata Atlântica**. 2014. Disponível em: <http://www.sosma.org.br>. Acesso em: 12 maio 2020.

BONILLA, O. H.; LUCENA, E. M. P. **Fundamentos em Ecologia**. Fortaleza: EdUECE, 2015. 204 p.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2015.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 8.629 de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 15 ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 97.632, de 10 de abril de 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2019.

BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de março de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **Lei 9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

BRASIL. **Lei nº 11.326 de 24 de julho de 2006.** Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.727, 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: enfoque científico e estratégico. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 2, p. 13-16, 2002.

CARTILHA CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro ambiental rural.** Disponível em: [www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Cartilha-CAR\\_atualizada.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Cartilha-CAR_atualizada.pdf). Acesso em: 19 jun. 2020.

CLAUDIO, C. F. B. R. Implicações da avaliação de impacto ambiental. **Ambiente**, v. 1, n. 3, p.159-62, 1987.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Data da legislação: 23/01/1986. Publicação DOU, de 17/02/1986, p. 2548-2549.

CONSTANZA, R. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1999.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; ARAÚJO, J. B. S.; RANGEL, O. J. P.; SOUZA, J. L. de Survey of the floristic composition and the structure of spontaneous vegetation present at green corn cultivated in organic no-tillage system. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 7, n. 11, p. 184-193, 2020.

DAJOZ, R. As populações, as comunidades e os fatores ecológicos. Princípios de ecologia. 7ª. ed. Porto Alegre: **Artmed**, p. 113-132, 2005.

DANSEREAU, D. The development of a learning strategies curriculum. In: **Learning strategies**. Academic Press, 1978. p. 1-29.

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo**: a etapa de acompanhamento. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V (Eds.) **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 27-44.

ECOVIDA. **Certificação participativa**: Sistema Participativo de Garantia. Disponível em: [www.ecovida.org.br](http://www.ecovida.org.br). Acesso em: 22 maio 2021

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento. **Agricultura familiar, agroecologia e produção orgânica de alimentos**. Brasília. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/clima-temperado/agroecologia>>. Acesso em: 23 fev. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento. **Recuperação de áreas degradadas**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355054/1527012/4h+->>. Acesso em: 10 jun. 2020.

EURICOVIANNA. **Permacultura**: 4 décadas de educação, Design e ações para um Futuro com declínio energético próspero. Disponível em: [www.euricovianna.com.br](http://www.euricovianna.com.br). Acesso em: 13 fev. 2021.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais. **Licenciamento ambiental**. Disponível em: <<http://www.feam.gov.br>>. Acesso em: 9 set. 2002.

FONSECA, R.; VECCHI, I.; OLIVEIRA, D. N.; ALMEIDA, A. C. R.; ALMEIDA, F. S. O Gestor Ambiental e as Implicações na Regulamentação: Estudo sobre o Projeto de Lei 2664/2011 para Regulamentação da Profissão. **Anais... IV Encontro de Iniciativas Ambientais Internas e Externas à UNIRIO – EIA**. Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO. 2013.

FUNDAÇÃO RENOVA. **A reparação avança, os resultados acontecem**. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/dadosdareparacao/>. Acesso em: 12 abr. 2022.

HOLLING, C. S. (Ed.) **Adaptative environmental assessment and management**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda. 1978.

KLIGERMAN, D. C. **Avaliação de Impactos Ambientais**. Disponível em [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br). Acesso em: 20 set. 2005.

LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; DE ARAÚJO, A. S. F. (Ed.). Agricultura conservacionista no Brasil. **Embrapa**, 2014.

MARTINS, M. C.; SOUZA, M. N. Uma análise das variáveis do desenvolvimento rural sustentável no uso da Integração Lavoura Pecuária e Floresta (ILPF) em municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. Multifuncionalidades sustentáveis no campo: **Agricultura, pecuária e florestas**, v. 5, p. 10-15, 2013. Disponível em: <http://www.simbras-as.com.br>. Acesso em: 20 out. 2016.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Aprenda Fácil, 2009.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Aprenda Fácil Editora, 2007.  
MATA-LIMA, H.; ALVINO-BORBA, A.; PINHEIRO, A.; MATA-LIMA, A.; ALMEIDA, J. A. Impactos dos desastres naturais nos sistemas ambiental e socioeconômico: o que faz a diferença? **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 3, p. 45-64, 2013.

MOREIRA, I. V. D. **Avaliação de impacto ambiental**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1985. 34p.

MUNN, R. E. **Environmental Impact Assessment**: principles and procedures. SCOPE, Report nº 5, UNESCO. 1975. 173 p.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6ª. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 2006, 820 p.

OLIVEIRA, A. L.; NEVES, F. F.; SOUZA, M. P. Considerações sobre o procedimento do licenciamento ambiental no contexto da avaliação de impacto ambiental. **Derecho y Cambio Social**, v. 40, n. 1, p. 1-25, 2015.

PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Sistemas agroflorestais potenciais para o Estado do Mato Grosso do sul. **Seminário sobre sistemas florestais para o Mato Grosso do Sul**, v.1, p.16-22, 1997.

PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C. B.; BARBOSA, A. C. M. C.; BORÉM, R. A. T. **Fundamentos da avaliação de impactos ambientais com estudo de caso**. Lavras: UFLA, 2012. 154 p.

QUEIROZ, S. M. Procedimentos referentes à apresentação, análise e parecer formal de EIAS/RIMA. In: Seminário sobre avaliação e relatório de impacto ambiental, 1, 1989, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: FUPEF/UFPr, 1990. p.182-7.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina dos Textos, 2008. 496 p.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental**: implantação objetiva e econômica. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

SILVA, D. D. Noções de recursos hídricos. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2002. p.226-269.

SILVA, E. **Análise e avaliação de impactos ambientais**. Viçosa, MG: DEF/UFV, 1998. 56 p. (Apostila de ENF 685 - Avaliação de Impactos Ambientais).

SILVA, E. **Avaliação de impactos ambientais no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 1994b. 31p.

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; LOPES, J. F.; FORNAZIER, M. L. Cafeicultura agroecológica: sugestões para pesquisa. In: **Produção de café orgânico**: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural. 1 ed. Meidrum Street, Mauricius: Novas Edições Acadêmicas, 2021, v.1, p. 51-64.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas. Vol. II**. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. 384 p.

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes**: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 210 p.

## **Autores**

Maurício Novaes Souza\*

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

## CAPÍTULO 2

---

### Avaliação de impactos ambientais: histórico e procedimentos

Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c2>

#### Resumo

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) instituiu a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) como um instrumento nacional de prevenção de problemas ambientais: é um instrumento de Planejamento, de Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) e de Gestão Ambiental. Tem o objetivo de assegurar o exame dos impactos ambientais de planos, programas e projetos e de suas alternativas – tecnológicas e de localização, confrontando-as com a hipótese de sua não execução: infelizmente, quase não ocorre tal possibilidade. A AIA é um processo que envolve estudos técnicos e consultas à comunidade visando avaliar os impactos ambientais de uma determinada proposta e oferecer subsídios para a tomada de decisão, a partir dos seguintes aspectos: diagnóstico da área de influência antes da implantação do projeto; identificação de mecanismos de causa e efeito; análise dos impactos ambientais; e efetividade das medidas mitigadoras a serem implantadas. O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define estudos ambientais como estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo e plano de recuperação de área degradada. Estes estudos visam a conhecer os problemas gerados pelas intervenções antrópicas e, conseqüentemente, na mitigação e, ou, solução dos mesmos.

**Palavras-chave:** Degradação. Diagnóstico. Análise Preliminar de Risco. Planejamento. Gestão ambiental.

#### 1. Introdução

O primeiro país a adotar a AIA foi os Estados Unidos da América, com a aprovação pelo congresso norte-americano da Política Nacional do Meio Ambiente (*National Environmental Policy of Act*) no ano de 1969, sendo sancionada pelo presidente em 1970 (DIAS, 2001). A partir desse ano, difundiu-se por todo o mundo em função das pressões exercidas por grupos



ambientalistas, da atuação dos bancos de desenvolvimento, das conferências mundiais, dos tratados internacionais e de parte significativa da classe consumidora, com destaque aquelas de países de maior poder aquisitivo e de maior responsabilidade ambiental (SÁNCHEZ, 2013; SOUZA, 2021).

A Agenda 21, a Declaração do Rio e a Convenção sobre Diversidade Biológica exigem que os países signatários utilizem a AIA. No Brasil, a AIA foi introduzida por meio de legislações estaduais no Rio de Janeiro e Minas Gerais, poucos anos antes da aprovação da Lei Federal nº 6.938 de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA), que institui a AIA como um instrumento nacional de prevenção de problemas ambientais (SÁNCHEZ, 2013; SOUZA, 2018). Todavia, a Lei necessitava ser regulamentada, tendo sido efetivada pela resolução CONAMA nº 01 de 1986, que apresenta uma série de diretrizes para o uso da AIA no país (CONAMA, 1986).

Desde então, a AIA vem sendo utilizada e aperfeiçoada no Brasil, ao nível federal, estadual e municipal, tendo se tornado uma ferramenta imprescindível para o licenciamento ambiental e para procedimentos de recuperação de áreas degradadas (RAD) (OLIVEIRA; NEVES; SOUZA, 2015; SOUZA, 2021). Além disso, a AIA também é utilizada por empresas privadas na prevenção de problemas ambientais ocasionados pelos processos produtivos e pelo descarte dos produtos. Nesse sentido, a AIA é vital para a elaboração de Sistemas de Gestão Ambiental para as empresas e nos procedimentos de monitoramento de áreas recém-recuperadas (SEIFFERT, 2011; SOUZA, 2021).

Atualmente, muitos profissionais estão envolvidos com a AIA, elaborando estudos ambientais para o licenciamento de empreendimentos, avaliando a viabilidade ambiental de projetos e executando Sistemas de Gestão Ambiental. Dentre tais profissionais estão os Gestores Ambientais, que têm sua formação fortemente pautada na busca do desenvolvimento sustentável. Podem ser engenheiros agrônomos, florestais, ambientais, agroecólogos, entre outros. O Projeto de Lei nº 2.664 de 2011, que regulamenta a atuação dos Gestores Ambientais, inclui a AIA como uma das atribuições desses profissionais (FONSECA et al., 2013).

Dessa forma, a AIA é um instrumento de planejamento, de RAD e de gestão ambiental efetivado pela Política Nacional do Meio Ambiente, com o objetivo de assegurar o exame dos impactos ambientais de planos, programas

e projetos e de suas alternativas – tecnológicas e de localização, confrontando-as com a hipótese de sua não execução: infelizmente, quase não ocorre tal possibilidade. A AIA é um processo que envolve estudos técnicos e consultas à comunidade visando avaliar os impactos ambientais de uma determinada proposta e oferecer subsídios para a tomada de decisão, a partir dos seguintes aspectos (SILVA, 1994b; DIAS, 1998; SOUZA, 2018; 2021):

Portanto, AIA é uma atividade designada para identificar e prever o impacto de uma ação no meio biogeofísico, na saúde e bem-estar do homem, e para interpretar e comunicar informação acerca dos impactos.

De acordo com Sánchez (2013), o impacto ambiental é uma alteração do meio ambiente provocada por ação humana, sendo esta alteração benéfica ou adversa. Embora a preocupação maior do estudo de impacto ambiental (EIA) seja devido às consequências adversas e, ou, negativas causadas pelo empreendimento, há que se assinalarem as alterações positivas de um projeto.

Entretanto, cabe uma importante consideração - um impacto pode ser benéfico para um determinado grupo, porém maléfico para outro. Por exemplo: a) a construção de uma hidrelétrica ou PCH - produzirá energia elétrica que beneficiará todo o País, mas também provocará a retirada de dezenas de famílias locais de suas propriedades nas áreas que serão inundadas; ou b) um porto em um balneário turístico: irá gerar empregos e renda, além de facilitar o escoamento da produção, mas também atrairá um público não preferencial a esta atividade, aumentando o tráfico de drogas, a violência e gerando uma série de externalidades negativas.

Por esses motivos, a AIA é uma atividade que visa identificar, prever, interpretar e informar acerca dos impactos de uma ação sobre a saúde e o bem-estar humano, inclusive a “saúde” dos ecossistemas dos quais depende a sobrevivência do homem (MUNN, 1975; SOUZA, 2015; 2018).

De acordo com Moreira (1985), a AIA é um instrumento de política ambiental formado por um conjunto de procedimentos capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas. Os resultados deverão ser apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles devidamente considerados.

Cabe lembrar uma importante possibilidade – a de não execução do empreendimento: particularmente, em episódios quando Conselheiro do COPAM<sup>6</sup> da Zona da Mata Mineira no período de 2008-2012, apesar de número reduzido, alguns empreendimentos assentaram-se nessa condição. Contudo, outros que assim deveriam ter o mesmo encaminhamento, infelizmente, por interesses diversos, foram executados; não obstante, atendendo diversas compensações ambientais exigidas pelos membros do Conselho.

Assim, a AIA **NÃO** deve ser considerada apenas como uma técnica, mas como uma dimensão política de gerenciamento, educação da sociedade e coordenação de ações impactantes, pois permite a incorporação de opiniões de diversos grupos sociais (CLAUDIO, 1987; QUEIROZ, 1990; SOUZA, 2021). Deve seguir as seguintes etapas:

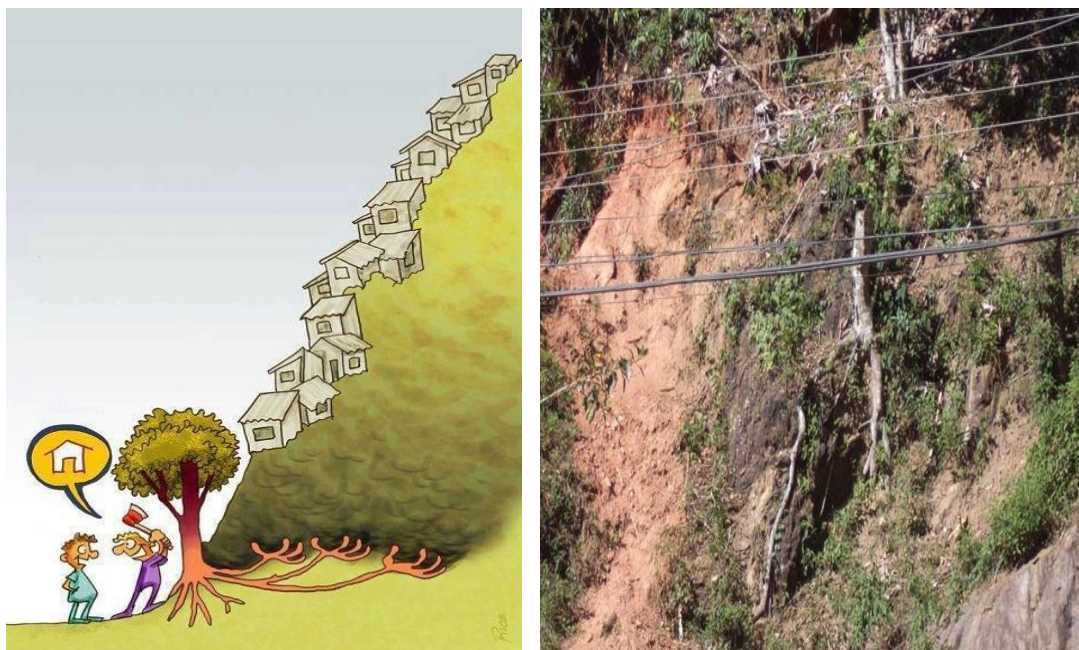
- Diagnóstico da área de influência antes da implantação do projeto;
- Identificação de mecanismos de causa e efeito;
- Análise dos impactos ambientais; e
- Efetividade das medidas mitigadoras a serem implantadas.

❖ **Em resumo:**

AIA é um instrumento de planejamento e gestão ambiental que tem como objetivo assegurar o exame dos impactos ambientais de planos, programas e projetos e de suas alternativas tecnológicas e de localização (Figuras 1 e 2).

---

<sup>6</sup> Conselho Estadual de Política Ambiental.



**Figuras 1 e 2.** Maquete apontando a importância das árvores para contenção de encostas e movimento de massas em área que teve suas árvores cortadas no município de Santa Tereza, ES. Fonte: Prefeitura de Santa Tereza (2016) e Arquivo pessoal (2016).

## 2. Diagnóstico ambiental

De acordo com o dicionário Aurélio (FERREIRA, 2010), a palavra diagnóstico significa “conhecimento efetivo sobre algo”. Conforme Sánchez (2013), o diagnóstico ambiental é considerado...

... o estudo que compreende avaliações ambientais, em uma determinada área e período estabelecido, que consideram características e problemas da área, identificam os conflitos e indicam as soluções em vários níveis, integrando conclusões, medidas mitigadoras e recomendações para a recuperação e melhorias do meio ambiente. É uma etapa do Estudo de Impacto Ambiental mais custosa: por isso, deve ser planejada com responsabilidade e cautela, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto.

Para Souza (2018), o diagnóstico ambiental é uma fase de identificação das características físicas, químicas e biológicas de uma área, associando essas com o uso e ocupação da terra.

Há de se considerar que existe uma diferença entre diagnóstico e monitoramento ambiental. O diagnóstico ambiental é uma fase de identificação/levantamento de características de uma área. Tendo todas essas informações é possível monitorar, ou seja, acompanhar como essas variáveis evoluirão ao longo do tempo. Facilitarão a identificação da área de influência do empreendimento que será implantado.

**Diagnóstico = levantamento de informações.**

**Monitoramento = acompanhamento das informações obtidas em diagnóstico.**

Esse item, dada a sua relevância, será mais bem detalhado no item 4.5.

### **3. Área de influência do empreendimento**

A Resolução CONAMA 001/86 dispõe sobre “as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e execução da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente”. Em seu Artigo 5º, especifica as diretrizes que o estudo de impacto ambiental deverá obedecer, sendo que, em seu inciso 3º, a Resolução detalha que o estudo de impacto ambiental deve “definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto (...)”.

De acordo com Pereira et al. (2012); Souza (2018; 2021), a delimitação da área de influência de um empreendimento tem como objetivo circunscrever as ações de controle e de mitigação a uma área geográfica, de forma a prevenir ou a eliminar os impactos ambientais significativos adversos, reduzindo-os a níveis aceitáveis (mitigação); ou potencializando-os, no caso dos impactos positivos. A área de influência corresponde aos espaços físico, biótico e às relações sociais, políticas e econômicas a ser direta e indiretamente afetadas pelos potenciais efeitos das atividades desenvolvidas por um determinado empreendimento nas fases de planejamento, implantação e operação. O espaço físico de qualquer EIA deve ser suficientemente abrangente de modo a comportar os reflexos diretos e indiretos do projeto, em toda a sua abordagem (Figuras 3 e 4).



**Figura 3.** Área de influência com delimitações: meios físico, biológico e antrópico. Fonte: Souza (2018).



**Figura 4.** Área de influência total: somatório dos meios físico, biológico e antrópico. Fonte: Souza (2018).

A Resolução CONAMA 001/86 Art. 5º, inciso III, determina que nos EIA deve-se adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento das áreas de influência direta e indiretamente afetada por um empreendimento. Entretanto, somente quando se define o problema a ser estudado, tem-se mais claramente a abrangência dos limites espaciais, o qual muitas vezes extrapola o espaço físico delimitado por uma bacia hidrográfica.

Para a definição e delimitação da área de influência são consideradas as

características e abrangência do empreendimento e os tipos de intervenções que serão realizadas, associadas às características e especificidade dos ambientes afetados. Desta forma são delimitadas as áreas sujeitas aos efeitos diretos, indiretos e imediatos das operações e obras da futura área ocupada (Figura 5).



**Figura 5.** Construção de lagoas e barragens no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba: planejamento e análise prévia dos IA diretos e indiretos da obra em execução. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2011).

A área de influência deve ser estabelecida a partir de dados obtidos para a AIA sobre os meios físico, biótico e socioeconômico. Segundo IAIA (2015), os limites de um EIA na sua abordagem ecológica devem alcançar determinadas profundidades: onde os efeitos ecotoxicológicos são percebidos? Onde pode haver bioacumulação de poluentes na cadeia alimentar? Onde há modificações de habitats e até onde ocorrerão interferências nos ciclos biogeoquímicos? Alguns limites físicos se estendem além do alcance regional e, em alguns casos, extrapolam fronteiras territoriais de um país, como é o caso de poluição por chuva ácida da Grã-Bretanha em relação aos países nórdicos ou, da Alemanha que prejudica países mais ao norte, ou ainda efeitos de grandes hidrelétricas em rios de fronteiras entre países que podem afetar ambientes além do âmbito territorial de uma nação.

Considerando as especificidades de cada estudo para a elaboração do

diagnóstico ambiental e para as análises de impacto ambiental de um determinado empreendimento, podem ser consideradas as seguintes escalas de abrangência: Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência (AI) e, para alguns empreendimentos, tais como os hidrelétricos ou lagos com finalidades distintas, pode-se considerar também a área de entorno (AE), separadamente, ou em conjunto, compondo a Área Diretamente Afetada e Entorno (ADAE), assim compreendidas (Resolução CONAMA 01/86 e artigo 2º da Resolução CONAMA 349):

#### **- Área Diretamente Afetada (ADA)**

Área onde ocorrem as intervenções de implantação e operação do empreendimento, bem como as áreas onde serão construídas as edificações e suas estruturas de apoio: vias de acesso privadas que precisarão ser construídas, ampliadas ou reformadas, bem como todas as demais operações unitárias associadas, apenas, à infraestrutura do projeto, de uso privativo do empreendimento (Figura 5).

São fáceis de serem circunscritos geograficamente em empreendimentos minerários e outros de efeitos pontuais. Ou seja, é uma área afetada diretamente pelo empreendimento (positiva e negativamente). Pelo fato de sofrerem intervenção direta, é o local onde o projeto deve concentrar as principais ações de controle, mitigação e monitoramento.

#### **- Área Diretamente Afetada e Entorno (ADAE)**

Área que abrange o empreendimento e seu entorno. Para empreendimentos hidrelétricos, a ADAE deve abranger a área de inundação do reservatório na sua cota máxima, acrescida da Área de Preservação Permanente (APP) em projeção horizontal, as áreas situadas à jusante da barragem, cuja extensão deve ser definida pelo estudo de cada empreendimento, além das áreas destinadas ao barramento, áreas de empréstimo, estradas e áreas de apoio, como alojamentos, definidos caso a caso.

Ou seja, compreende o perímetro de todas as áreas que serão efetivamente utilizadas pelo empreendimento, desde suas vias de acesso. A escala local é usualmente utilizada.

Corresponde ao espaço territorial contíguo e ampliado da ADA. Dessa



forma, deverá sofrer impacto: tanto positivos quanto negativos. Tais impactos devem ser mitigados, compensados ou potencializados (se positivos) pelo empreendedor. Os impactos e efeitos são induzidos pela existência do empreendimento e não como consequência de uma atividade específica do mesmo.

#### **- Área de Influência (AI)**

Compreende as áreas onde os impactos reais ou potenciais provocados pela implantação e operação do empreendimento serão percebidos. Para grandes empreendimentos pode ter alcance regional. Abrange os ecossistemas e o sistema socioeconômico (população, dinâmica econômica, dentre outros) que podem ser impactados por alterações ocorridas na área de influência direta (Figura 4).

Essas configurações territoriais, de acordo com a Resolução CONAMA 349, são sínteses de rebatimentos de impactos que podem ocorrer nos meios físico, biótico, socioeconômico, cultural e institucional. Há situações em que uma dada área de influência, por exemplo, a ADAE, diferencia-se para cada meio na ambiência local e, ou, regional, desenhando contornos próprios, tendo-se dessa forma mais que três áreas que se superpõem.

#### **4. Estudos Ambientais (EA)**

O CONAMA (1997) define estudos ambientais como:

“todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco”.

Estes estudos visam a conhecer os problemas gerados pelas intervenções antrópicas e, conseqüentemente, na mitigação e, ou, solução dos mesmos.

#### 4.5. Estudo de impacto ambiental (EIA)

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é exigido pela legislação ambiental brasileira para o licenciamento dos empreendimentos considerados potencialmente poluidores. Segundo a Resolução CONAMA 01/86, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) deve contemplar, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

**I - Diagnóstico ambiental** da área de influência do projeto, com completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, *antes da implantação* do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio socioeconômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

**II - Análise dos impactos ambientais** do projeto e de suas alternativas, por intermédio de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazo, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

**III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos**, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

**IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos**, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

**Parágrafo Único.** Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental, o órgão estadual competente; ou o IBAMA; ou quando couber, o Município, fornecerá as instruções adicionais que se fizerem necessárias, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área. (CONAMA, 1986)

#### **4.6. Relatório de impacto ambiental (RIMA)**

Segundo o CONAMA (1986), o relatório de impacto ambiental (RIMA) refletirá as conclusões do estudo de impacto ambiental e conterá, no mínimo:

I - Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;

II - A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de licenciamento (Licenças Prévia, Instalação e Operação) das áreas diretamente afetadas e de influência, as matérias primas, mão de obra, fontes de energia, processos e técnicas operacionais, prováveis efluentes, emissões, resíduos e perdas de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;

III - A síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto;

IV - A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos, indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;

V - A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;

VI - A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderem ser evitados, bem como o grau de alteração esperado;

VII - O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;

VIII - Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

**Parágrafo Único:** O RIMA deve ser apresentado de forma objetiva e adequada à sua compreensão. As informações devem ser traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, cartas, quadros, gráficos e demais

técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua execução.

❖ **Na execução do EIA/RIMA, algumas perguntas devem ser respondidas:**

- ✓ Qual seria o empreendimento impactante?
- ✓ Qual a atividade impactante?
- ✓ Qual é o processo impactante?
- ✓ Qual a área diretamente afetada?
- ✓ Qual a área indiretamente afetada?
- ✓ Quem é o ator social empreendedor?
- ✓ Quem foi o elaborador do RIMA?
- ✓ Quem é o avaliador que irá licenciar ou não o empreendimento?
- ✓ Qual foi a alternativa locacional do empreendimento?
- ✓ Qual foi a alternativa tecnológica proposta no texto capaz de gerar degradação?
- ✓ Existem benefícios para as empresas que cumprem a legislação ambiental?

#### **4.7. Plano de controle ambiental (PCA)**

O plano de controle ambiental (PCA) normalmente acompanha o EIA/RIMA, podendo ser exigido para a regularização de atividades de menor impacto ambiental. De uma forma geral, o PCA refere-se aos procedimentos de controle ambiental que o empreendedor se comprometeu a executar como garantia para a obtenção das licenças ou do ato de regularização ambiental de seu empreendimento. O PCA visa prevenir ou corrigir os possíveis impactos negativos causados pelo empreendimento; ou seja, define as medidas de controle e de minimização, a fim de solucionar os problemas detectados.

Sua elaboração se dá durante a licença de instalação, quando o empreendedor deverá apresentá-lo, contendo os projetos executivos de minimização dos impactos ambientais avaliados na fase da licença prévia, acompanhado dos demais documentos necessários.

Alguns esclarecimentos práticos sobre o PCA:

O PCA deverá expor, de forma clara, o empreendimento e sua inserção no meio ambiente com todas as suas medidas mitigadoras e compensatórias, conforme a Resolução CONAMA nº 10 (BRASIL, 1990). Deverá conter a descrição de eventuais compatibilidades e, ou, incompatibilidades avaliadas segundo o entendimento de todas as normas legais aplicáveis à tipologia de empreendimento/atividade em análise: não basta a simples enunciação das leis, decretos, resoluções, portarias e outras instruções existentes.

Também, deverá abranger a legislação ambiental Municipal, Estadual e Federal, em especial nas áreas de interesse ambiental, mapeando as restrições à ocupação; bem como atender as exigências das Resoluções do CONAMA e das leis ambientais e seus regulamentos; ainda, as exigências contidas no Termo de Referência.

Com relação aos documentos e estudos que devem conter na elaboração do PCA, principalmente, deve atender ao Termo de Referência para elaboração do PCA, contendo, basicamente, as seguintes informações:

- ✓ Identificação do Proprietário.
- ✓ Identificação do Elaborador / Executor (Responsável Técnico - RT).
- ✓ Caracterização do Empreendimento.
- ✓ Objetivo Geral.
- ✓ Objetivos Específicos.
- ✓ Diagnóstico Ambiental do Empreendimento.
- ✓ Caracterizações e Avaliação dos Impactos Ambientais.
- ✓ Medidas Mitigadoras e Compensatórias.
- ✓ Equipe de Execução.
- ✓ Equipamentos utilizados.
- ✓ Cronograma de Execução.
- ✓ Considerações finais.
- ✓ Referências bibliográficas consultadas.

Com relação aos tipos de empreendimentos que exigem o PCA, de acordo com a Resolução nº 237 do CONAMA (BRASIL, 1997), é necessário para o licenciamento de atividades produtivas potencialmente poluidoras, tais como:

- ✓ Extração e tratamento de minerais.
- ✓ Indústria de produtos minerais não metálicos.
- ✓ Indústria metalúrgica.
- ✓ Indústria mecânica.
- ✓ Indústria de material elétrico, eletrônico e comunicações.
- ✓ Indústria de material de transporte.
- ✓ Indústria de madeira, de papel e celulose.
- ✓ Indústria de borracha.
- ✓ Indústria de couros e peles (secagem e salga de couros e peles, curtimento e outras preparações de couros e peles, fabricação de artefatos diversos de couros e peles, fabricação de cola animal).
- ✓ Indústria química.
- ✓ Indústria de produtos de matéria plástica.
- ✓ Indústria têxtil, de vestuário, calçados e artefatos de tecidos.
- ✓ Indústria de produtos alimentares e bebidas.
- ✓ Indústria de fumo.
- ✓ Indústrias diversas.
- ✓ Obras civis.
- ✓ Serviços de utilidade.
- ✓ Transporte, terminais e depósitos.
- ✓ Turismo.
- ✓ Atividades agropecuárias (projeto agrícola, criação de animais, projetos de assentamentos e de colonização).
- ✓ Uso de recursos naturais (silvicultura, exploração econômica da madeira ou lenha e subprodutos florestais, atividade de manejo de fauna exótica e criadouro de fauna silvestre, utilização do patrimônio genético natural, manejo de recursos aquáticos vivos, introdução de espécies exóticas e, ou, geneticamente modificadas, uso da diversidade biológica pela biotecnologia).

#### **4.8. Relatório de controle ambiental (RCA)**

Documento usualmente exigido para empreendimentos não tratados como “potencialmente poluidores” e não descritos no anexo 1 da Resolução CONAMA nº 237/97. O relatório deve descrever o empreendimento a ser

licenciado, informando: o local do empreendimento bem como o diagnóstico ambiental (físico, biótico e socioeconômico) da região onde ele será instalado; a caracterização do empreendimento e a descrição dos prováveis impactos ambientais gerados nas fases da instalação e operação; as propostas de medidas mitigadoras dos impactos negativos; e a descrição do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos.

Assim, pode-se afirmar que o RCA é um tipo de estudo ambiental que contribui com a AIA, uma vez que nele estarão indicadas as não conformidades legais e os impactos ambientais decorrentes da instalação, operação e ampliação desses tipos de empreendimentos. No entanto, a omissão da indicação de algum impacto negativo nesse relatório pode comprometer sua eficiência como uma ferramenta da AIA.

De acordo com Resolução CONAMA nº 10 (BRASIL, 1990), é necessário elaborar o RCA quando há a dispensa da realização do EIA/RIMA de alguns empreendimentos de pequeno porte e pequeno potencial poluidor.

É fundamental que seja bem elaborado, para que não comprometa o licenciamento do projeto. A insuficiência de informações técnicas, baseadas em diagnósticos e prognósticos incompletos, e que dificultem a perfeita compreensão de impactos potenciais ou efetivos do empreendimento, implicará em exigência de apresentação de novas informações. Caso não sejam cumpridas satisfatoriamente, culminarão em rejeição dos estudos, inviabilizando eventual concessão de licenças ambientais.

De forma usual, o RCA é composto por (IEMA, 2011):

- ✓ Localização.
- ✓ Instalação e operação do empreendimento.
- ✓ Ampliação de uma atividade ou um empreendimento que não gera impactos ambientais significativos.
- ✓ Caracterização do ambiente em que se pretende instalar.
- ✓ Localização frente ao Plano Diretor Municipal.
- ✓ Alvarás e documentos similares.
- ✓ Plano de controle ambiental, que identifique as fontes de poluição ou degradação.
- ✓ Medidas de controle pertinentes.

É necessário que haja o maior nível de detalhamento dos componentes do RCA, seguindo as instruções da FEAM (2012):

- ✓ Identificação do empreendedor.
- ✓ Identificação da consultoria.
- ✓ Identificação do responsável pela elaboração do estudo.
- ✓ Caracterização do empreendimento.
- ✓ Delimitação da área de influência em planta.
- ✓ Diagnóstico ambiental da área.
- ✓ Meio Físico.
- ✓ Meio Biótico.
- ✓ Meio Socioeconômico.
- ✓ Identificação de Impactos Ambientais.
- ✓ Avaliação de Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras.
- ✓ Uso Futuro.
- ✓ Plano de Controle Ambiental (PCA).
- ✓ Programas de Monitoramento Ambiental.
- ✓ Relatório Fotográfico.
- ✓ Documentação Cartográfica.
- ✓ Legislação Utilizada.
- ✓ Bibliografia Consultada.
- ✓ Equipe e Responsabilidade Técnica.
- ✓ Formato de Apresentação.

#### **4.9. Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)**

A PNMA de 1981, objetivando a recuperação da qualidade ambiental, instituiu em seu artigo 2º, a obrigação de se recuperar as áreas degradadas pelos empreendimentos. A regulamentação da lei ocorreu em 1989, com a edição do Decreto nº 97.632. Conforme este Decreto, todos os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão submeter Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), criando a obrigatoriedade de que todo empreendimento mineral deverá apresentar o PRAD juntamente com o EIA/RIMA (BRASIL, 1989).

A recuperação da área degradada deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano



preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente BRASIL (1989) e Pontes; Farias; Lima (2013).

O “plano preestabelecido” requerido por ocasião do PRAD pode causar discussão quando não se define adequadamente a destinação do local, após a realização das atividades do empreendimento. Recomenda-se que todo PRAD seja claro, objetivo e factível. O objetivo almejado no PRAD pode ser uma simples recuperação do ambiente degradado a uma situação não degradada, ou a reabilitação, ou a restauração ou mesmo a revitalização do ecossistema (Ver Capítulo I).

O principal objetivo na elaboração do PRAD é recuperar a função de uma área degradada e seu ecossistema a uma condição mais próxima de sua condição anterior à degradação (MMA, 2013; SOUZA, 2015; 2018; 2021). É prioritário o plantio de espécies nativas para promover a reintegração de plantas e animais na área. As principais estratégias do PRAD são as operações de restauração e reabilitação dos locais afetados pelas atividades produtivas, principalmente:

- ✓ Medidas de sistematização de terreno.
- ✓ Restabelecimento da cobertura vegetal,
- ✓ Plantio de espécies arbóreas por muda.
- ✓ Semeadura direta (“muvucas de sementes”).
- ✓ Técnicas nucleadoras.
- ✓ Condução da regeneração natural.
- ✓ Outras.

#### **4.10. Regularização ambiental**

A regularização ambiental, segundo FEAM (2012), é o ato pelo qual o empreendedor atende às precauções que lhe foram requeridas pelo poder público, referentes ao licenciamento ambiental, outorga de direito de uso de recursos hídricos, supressão de vegetação nativa, intervenção em APP, entre outras autorizações. Em suma, qualquer ato ou procedimento que exija do órgão ambiental uma licença, autorização, concessão ou outorga para o uso ou exploração dos recursos naturais são entendidos como “Regularização Ambiental”.

Para cada tipo de atividade há a necessidade de se realizar um estudo ambiental específico para a sua regularização. Para os empreendimentos potencialmente poluidores, será necessário o EIA/RIMA para a obtenção do licenciamento; para as demais atividades, há uma diversidade de licenças (autorização, licença, concessão, outorga, ...) de acordo com o tipo de empreendimento, seu porte e seu potencial poluidor. Poderão ser realizados estudos, tais como: Relatório de Controle Ambiental (RCA), Plano de Controle Ambiental (PCA) e Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

## **5. Licenciamento ambiental**

Todas as empresas devem respeitar a legislação, a fim de não sofrerem sanções pelos poderes públicos. Todavia, é crescente a pressão global para a manutenção e equilíbrio do meio ambiente, de forma que existem nichos de mercado que valorizam a aquisição de bens de consumo gerados por empresas legais. Além disso, os órgãos de financiamento e de incentivos governamentais, como o BNDES<sup>7</sup>, condicionam a aprovação dos projetos à apresentação da licença ambiental.

As Licenças prévia, de instalação e de operação, poderão ser emitidas sequencialmente ao longo das etapas ou fases do empreendimento, enquanto as autorizações ambientais, licença única e licença simplificada, poderão realizar todas essas fases simultaneamente, gerando apenas um documento. Tanto essas quanto outras modalidades de regularização, podem receber diferentes conceitos e aplicações entre estados, podendo depender de parâmetros como impacto ambiental, porte, potencial poluidor, localização e tempo de duração da atividade (MMA, 2019).

Um procedimento rigoroso exigido para a regularização ambiental dos empreendimentos relacionados está no ANEXO 1 da Resolução CONAMA nº 237/97 e artigo 2º da Resolução CONAMA nº 001/86. Esses empreendimentos são considerados potencialmente poluidores, necessitando, portanto, do EIA/RIMA para o seu funcionamento.

---

<sup>7</sup> O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social é uma empresa pública federal com sede no Rio de Janeiro, cujo principal objetivo é o financiamento de longo prazo e investimento em todos os segmentos da economia brasileira.

O CONAMA (1997) define Licenciamento Ambiental como...

“procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas”.

#### ❖ **Licença ambiental**

A Licença Ambiental é o ato administrativo mediante o qual o órgão ambiental estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que devem ser obedecidas na localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos ou atividades considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou aqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

Para concessão da Licença Ambiental deverá ser comprovada pelo empreendedor a conformidade do empreendimento ou atividade à legislação municipal de uso e ocupação do solo, mediante certidão ou declaração expedida pelo município.

A renovação de Licença Ambiental deverá ser requerida com antecedência mínima de 120 (cento e vinte) dias da expiração de seu prazo de validade, fixado na respectiva licença, ficando este automaticamente prorrogado até a manifestação definitiva do órgão ambiental, desde que o requerente não tenha dado causa a atrasos no procedimento de renovação.

Como definida pela Resolução CONAMA nº 237/97, a licença ambiental é...

“... o ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental”.

A licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio EIA/RIMA, ao qual se dará publicidade, garantida a realização de audiências públicas, quando couber, de acordo com a regulamentação. O CONAMA (1997) ressalta que a licença ambiental é concedida aos empreendimentos potencialmente poluidores e que, o órgão ambiental ao verificar que a atividade ou empreendimento não é potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente, definirá os estudos ambientais pertinentes ao respectivo processo de liberação do funcionamento da atividade/empreendimento.

Segundo o CONAMA (1997), o Poder Público (órgão ambiental), no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes modalidades de Licenças Ambientais ao empreendimento ou atividade sujeito ao licenciamento ambiental:

- I - Licença Prévia (LP);
- II - Licença de Instalação (LI);
- III - Licença Prévia e de Instalação (LPI);
- IV - Licença de Operação (LO);
- V - Licença de Instalação e de Operação (LIO);
- VI - Licença Ambiental Simplificada (LAS);
- VII - Licença de Operação e Recuperação (LOR);
- VIII - Licença Ambiental de Recuperação (LAR).

O prazo de validade da LP é, no mínimo, o estabelecido no cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos e, no máximo, de 5 (cinco) anos. Nos casos em que a LP tenha sido concedida com prazo de validade inferior ao máximo, com base no cronograma apresentado, e este tenha sofrido atrasos, o prazo de validade da licença pode ser prorrogado, por meio de averbação, até o limite máximo de 5 (cinco) anos, mediante requerimento do titular da licença.

#### **I - Licença Prévia (LP):**

Concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, a principal função da LP é aprovar a localização e concepção do

empreendimento, atividade ou obra que se encontra na fase preliminar do planejamento. Atesta a sua viabilidade ambiental, estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implantação, bem como suprindo o requerente com parâmetros para lançamento de efluentes líquidos e gasosos, resíduos sólidos, emissões sonoras, além de exigir a apresentação de propostas de medidas de controle ambiental em função dos possíveis impactos ambientais a serem gerados (BRASIL, 1981).

Nesta etapa, podem ser requeridos estudos ambientais complementares, tais como EIA/RIMA e PCA/RCA, cabendo ao órgão licenciador, com base nesses estudos, definir as condições nas quais a atividade deverá ser enquadrada, a fim de cumprir as normas ambientais vigentes (MMA, 2019).

O Prazo de validade da licença prévia é de até cinco (5) anos.

## **II - Licença de Instalação (LI):**

A LI é concedida antes de iniciar-se a implantação do empreendimento ou atividade. Autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante.

A LI pode autorizar a pré-operação, por prazo especificado na licença, visando a obtenção de dados e elementos de desempenho necessários para subsidiar a concessão da Licença de Operação.

O prazo de validade da LI é, no mínimo, o estabelecido no cronograma de instalação e pré-operação; sendo, no máximo, de 6 (seis) anos. Nos casos em que a LI for concedida com prazo de validade inferior ao máximo, com base no cronograma apresentado, e este vier a sofrer atrasos, o prazo de validade da licença pode ser prorrogado, por meio de averbação, até o limite máximo de 6 (seis) anos, mediante requerimento do titular da licença, desde que comprovada a manutenção do projeto original e das condições ambientais existentes quando de sua concessão.

## **III - Licença Prévia e de Instalação (LPI):**

É concedida antes de iniciar-se a implantação do empreendimento ou atividade. O órgão ambiental, em uma única fase, atesta a viabilidade ambiental

e autoriza a implantação de empreendimentos ou atividades, nos casos em que a análise de viabilidade ambiental da atividade ou empreendimento não depender da elaboração de EIA/RIMA ou RAS, estabelecendo as condições e medidas de controle ambiental.

A LPI pode autorizar a pré-operação, por prazo especificado na licença, visando à obtenção de dados e elementos de desempenho necessários para subsidiar a concessão da Licença de Operação.

O prazo de validade da LPI é, no mínimo, o estabelecido no cronograma de instalação e pré-operação e, no máximo, de 6 (seis) anos. Nos casos em que a LPI tenha sido concedida com prazo de validade inferior ao máximo, com base no cronograma apresentado, e este tenha sofrido atrasos, o prazo de validade da licença poderá ser prorrogado, por meio de averbação, até o limite máximo de 6 (seis) anos, mediante requerimento do titular da licença, desde que comprovada a manutenção do projeto original e das condições ambientais existentes quando ocorrer a sua concessão.

Por sua vez, a licença prévia e de instalação, tem como função substituir os procedimentos administrativos do licenciamento prévio e de instalação (unificando-os). Deve ser solicitada antes de iniciar a implantação do empreendimento ou atividade. Geralmente é concedida quando a análise de viabilidade ambiental não depender de estudos ambientais, podendo ocorrer simultaneamente à análise dos projetos de implantação.

#### **IV - Licença de Operação (LO):**

A LO autoriza a operação de empreendimento ou atividade, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta nas licenças anteriores, com base em constatações de vistoria, relatórios de pré-operação, relatórios de auditoria ambiental, dados de monitoramento ou qualquer meio técnico de verificação do dimensionamento, condicionantes determinados para a operação e eficiência do sistema de controle ambiental e das medidas de mitigação implantadas.

O prazo de validade da LO é, no mínimo, de 4 (quatro) anos e, no máximo, de 10 (dez) anos. Nos casos em que a LO for concedida com prazo de validade inferior ao máximo, poderá ter seu prazo de validade ampliado até o limite de 10

(dez) anos, mediante requerimento do titular da licença, quando constatadas, cumulativamente:

- a) manutenção das condições ambientais existentes quando de sua concessão;
- b) implementação voluntária de programa eficiente de gestão ambiental;
- c) inexistência de denúncias e autos de constatação e de infração;
- d) correção das não conformidades decorrentes da última auditoria ambiental realizada.

**Parágrafo único:** As licenças ambientais poderão ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade.

#### **V - Licença de Instalação e de Operação (LIO):**

É concedida antes de iniciar-se a implantação do empreendimento ou atividade e autoriza, concomitantemente, a instalação e a operação de empreendimento ou atividade cuja operação represente um potencial poluidor insignificante, estabelecendo as condições e medidas de controle ambiental que devem ser observadas na sua implantação e funcionamento. A LIO poderá ser concedida para a realização de ampliações ou ajustes em empreendimentos e atividades já implantados e licenciados.

O prazo de validade da LIO é, no mínimo, de 4 (quatro) anos e, no máximo, de 10 (dez) anos. Nos casos em que a LIO for concedida com prazo de validade inferior ao máximo, com base no cronograma de instalação e pré-operação apresentado, e este tenha sofrido atrasos, o prazo de validade da licença poderá ser ampliado, por meio de averbação, até o limite máximo de 10 (dez) anos, mediante requerimento do titular da licença, desde que comprovada a manutenção do projeto original e das condições ambientais existentes quando de sua concessão.

A licença de instalação e operação tem como principal função substituir os procedimentos administrativos do licenciamento de instalação e de operação (unificando-os), possibilitando assim, ao órgão ambiental, autorizar, em uma única fase. Essa licença deve ser solicitada antes de iniciar a implantação do empreendimento ou atividade, estando sua concessão condicionada às medidas e condições de controle ambiental estabelecidas pelo órgão ambiental.

## **VI - Licença Ambiental Simplificada (LAS):**

É concedida antes de iniciar-se a implantação do empreendimento ou atividade. Atesta a viabilidade ambiental em uma única fase, aprova a localização e autoriza a implantação e a operação de empreendimento ou atividade enquadrados na Classe 2, estabelecendo as condições e medidas de controle ambiental que deverão ser atendidas.

A LAS não se aplica às atividades e empreendimentos que já tenham iniciado a sua implantação ou operação, mesmo que enquadrados na Classe 2, casos em que deve ser concedido outro tipo de licença, ou uma Autorização Ambiental, quando aplicável.

O prazo de validade da LAS é, no mínimo, de 4 (quatro) anos e, no máximo, de 10 (dez) anos. Nos casos em que a LAS for concedida com prazo de validade inferior ao máximo, com base no cronograma de instalação e pré-operação apresentado, e este tenha sofrido atrasos, o prazo de validade da licença poderá ser ampliado, por meio de averbação, até o limite máximo de 10 (dez) anos, mediante requerimento do titular da licença, desde que comprovada a manutenção do projeto original e das condições ambientais existentes quando de sua concessão.

## **VII - Licença de Operação e Recuperação (LOR):**

Autoriza a operação de empreendimento ou atividade concomitante à recuperação ambiental de áreas contaminadas.

O prazo de validade da LOR é, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de recuperação ambiental da área e, no máximo, de 6 (seis) anos.

A LOR só poderá ser renovada mediante requerimento do titular da licença, desde que comprovada a total impossibilidade de serem atendidas as condicionantes ambientais estabelecidas quando de sua concessão.

## **VIII - Licença Ambiental de Recuperação (LAR):**

Autoriza a recuperação de áreas contaminadas em atividades ou empreendimentos fechados, desativados ou abandonados ou de áreas degradadas, de acordo com os critérios técnicos estabelecidos em leis e regulamentos.



O prazo de validade da LAR é, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de recuperação ambiental do local e, no máximo, de 6 (seis) anos.

A LAR só poderá ser renovada mediante requerimento do titular da licença, desde que comprovada a total impossibilidade de serem atendidas as condicionantes ambientais estabelecidas quando de sua concessão.

#### **Licença de alteração**

Licença condicionada à existência da licença de instalação ou licença de operação, concedida quando porventura ocorrer modificação no contrato social do empreendimento, atividade ou obra, ou qualificação de pessoa física (MMA, 2019). Neste quesito, pode ocorrer a necessidade de solicitação da licença de ampliação, para a realização de ampliações ou ajustes em empreendimento ou atividade já implantados e licenciados.

#### **Licença ambiental simplificada (LAS)**

Objetiva atestar a viabilidade ambiental, aprovar a localização e autorizar a implantação e a operação de empreendimento ou atividade, estabelecendo as condições e medidas de controle ambiental que deverão ser atendidas. A concessão da LAS geralmente está associada à classificação do empreendimento quanto ao grau de impacto ambiental gerado, sendo aplicada a empreendimento ou atividades de pequeno ou microporte e baixo potencial poluidor. É concedida antes de iniciar a implantação do empreendimento ou atividade (MMA, 2019).

#### **Licença única**

Objetiva substituir os procedimentos administrativos do licenciamento prévio, de instalação e operação do empreendimento ou atividade, unificando-os na emissão de uma única licença (BRASIL, 1986).

Há casos em que pode gerar a dispensa do licenciamento ambiental, sendo distinta para cada estado. Normalmente, são atividades de baixo impacto ambiental, tais como: não listadas nas legislações que regulamentam as atividades passíveis de licenciamento ambiental estadual; atividade cujo licenciamento é de competência municipal e não estadual; e aquelas passíveis

de licenciamento que por análise do órgão são dispensadas dessa obrigação legal.

A comprovação de que um empreendimento ou atividade possui a dispensa do licenciamento ambiental, também varia de estado para estado entre: a não emissão de documento; emissão de declaração; e de documento próprio regulamentado em legislação (MMA, 2019).

Existem, também, bastante comum no Brasil, casos em que a empresa já opera e não possui a licença prévia e, ou, de instalação. Nessa condição, para que seja licenciada, deve procurar o órgão licenciador e expor a situação. Em seguida, deverá atender as exigências que lhe forem solicitadas.

Dependendo das circunstâncias, geralmente há orientação para requerer a LO, visto que os propósitos da LP ou LI já não se aplicam neste caso. A LO, portanto, deverá ser requerida quando o empreendimento, ou sua ampliação, está instalado e pronto para operar (licenciamento preventivo), ou para regularizar a situação de atividades em operação (licenciamento corretivo) (FEITOSA; LIMA; FAGUNDES, 2004).

De acordo com esses mesmos autores, para o licenciamento corretivo, a formalização do processo requer a apresentação conjunta de documentos, estudos e projetos previstos para as fases de LP, LI e LO. Normalmente é definido um prazo de adequação para a implantação do sistema de controle ambiental.

Outra consideração importante que quase não se levam em consideração: sempre que modificar ou implantar algo na empresa se faz necessário licenciá-la novamente; considerando que apenas, somente a unidade a ser modificada ou implantada. No entanto, é importante verificar se a licença já incluiu as unidades e instalações existentes ou previstas nas plantas utilizadas no licenciamento. Por este motivo, qualquer alteração deve ser comunicada ao órgão licenciador para a definição sobre a necessidade de licenciamento para a nova unidade ou instalação (FEITOSA; LIMA; FAGUNDES, 2004).

Os principais documentos exigidos no licenciamento ambiental são (BRASIL, 2001):

- ✓ Memorial descritivo do processo industrial da empresa.
- ✓ Formulário de requerimento preenchido e assinado pelo representante legal.

- ✓ Cópia do CPF e identidade do representante legal que assinar o requerimento.
- ✓ Cópias dos CPFs e registros nos conselhos de classe dos profissionais responsáveis pelo projeto, construção e operação do empreendimento.
- ✓ Cópias do CPF e identidade de pessoa encarregada do contato entre a empresa e o órgão ambiental.
- ✓ Cópias da procuração, do CPF e da identidade do procurador, quando houver.
- ✓ Cópia da Ata da eleição da última diretoria, quando se tratar de sociedade anônima, ou contrato social registrado, quando se tratar de sociedade por cotas de responsabilidade limitada.
- ✓ Cópia do cadastro nacional de pessoa jurídica.
- ✓ Cópias do registro de propriedade do imóvel ou de certidão de aforamento ou cessão de uso.
- ✓ Cópia da certidão da Prefeitura indicando que o enquadramento do empreendimento está em conformidade com o a Lei de Zoneamento Municipal.
- ✓ Cópia da licença ambiental anterior, caso haja.
- ✓ Guia de Recolhimento (GR) do custo de Licença. A efetuação do pagamento e custo da taxa referente deverá ser orientada pelo órgão.
- ✓ Planta de localização do empreendimento. Poderá a empresa anexar cópia de mapas do Guia Rex ou outros mapas de ruas, indicando sua localização.
- ✓ Croquis ou planta hidráulica, das tubulações que conduzem os despejos industriais, esgotos sanitários, águas de refrigeração, águas pluviais etc. A representação dessas tubulações deverá ser representada com linhas em cores ou traços diferentes.
- ✓ Outros documentos que o órgão licenciador julgar necessário.

## **6. Medidas mitigadoras**

São medidas que visam a minimizar ou a eliminar impactos adversos provocados pelas atividades, nas fases de instalação e operação, abrangendo as áreas de influência do empreendimento e possibilitando o acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais controlados e não controlados. São

atividades consideradas fundamentais para a obtenção da licença ambiental para o funcionamento de qualquer empreendimento. O órgão ambiental deverá avaliar critérios de mitigação tecnicamente comprovados pela literatura que menos prejudiquem o meio ambiente. Para cada atividade há uma medida mitigadora específica: quer seja para a redução ou para a eliminação do impacto sobre os recursos naturais.

As medidas mitigadoras são classificadas quanto à sua natureza (preventiva, corretiva); à fase do empreendimento em que deverão ser adotadas; ao fator ambiental a que se aplicam (físico, biótico ou socioeconômico); ao prazo de permanência de sua aplicação; à responsabilidade por sua implantação; aos meios, recursos e tecnologia aplicados. No processo de regularização ambiental da atividade, o empreendedor também deverá mencionar os impactos adversos eliminados ou evitados, bem como aqueles que não serão contidos pelas medidas. Deverão ser mencionadas, também, as medidas compensatórias do empreendimento.

#### ✓ **Medidas compensatórias**

A compensação ambiental foi introduzida na legislação ambiental brasileira pela Lei 9.985/00, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). A compensação ambiental funciona da seguinte forma: no processo de licenciamento ambiental, exige-se dos empreendimentos considerados potencialmente poluidores (aqueles constantes no artigo 2º da Resolução CONAMA 001/86 e Anexo I da Resolução CONAMA 237/97) a obrigação de apoiar a implantação e manutenção de Unidades de Conservação (UC).

A compensação ambiental sempre deverá ser aplicada em local onde as características ambientais sejam o mais próximo possível da área afetada pelo empreendimento. O órgão ambiental definirá a aplicação do recurso referente à compensação ambiental de acordo com a localização da UC, por dois critérios fundamentais: será dada prioridade para a UC de Proteção Integral; proximidade entre a UC beneficiada da região onde o empreendimento está sendo construído.

O montante de recurso aplicado na compensação ambiental não pode ser inferior a meio por cento (0,50%) dos custos totais previstos para a implantação do empreendimento, sendo o percentual fixado pelo órgão ambiental licenciador,

de acordo com o grau de impacto ambiental causado pelo empreendimento (BRASIL, 2000).

Atualmente, o conceito de compensação ambiental vem sendo ampliado e praticado pelo órgão ambiental em outras atividades que não aquelas consideradas potencialmente poluidoras. No entanto, a compensação ambiental deve versar sempre pela preservação ambiental, excluindo-se as despesas de cunho estatal, conforme ocorreram no princípio dos anos 2000, como aquisição de veículos, computadores, aluguel de helicóptero, entre outras, nas quais o meio ambiente não seja diretamente beneficiado. Exemplos de aplicação direta são: a regularização fundiária de uma UC, a recuperação de área degradada (plantio de mudas), ou outras ações com reflexo direto na conservação e preservação do meio ambiente.

As medidas mitigadoras e compensatórias, em conjunto, são exigidas no processo de licenciamento ambiental no Brasil - por isso são consideradas condicionantes legais da regularização das atividades de todo empreendimento que cause impactos ambientais significativos.

#### ✓ **Medida Mitigadora Preventiva**

Consiste em uma medida que tem como objetivo minimizar ou eliminar eventos com potencial para causar prejuízos ao meio ambiente. Este tipo de medida procura anteceder a ocorrência do impacto negativo, como observado no exemplo anterior.

#### ✓ **Medida Mitigadora Corretiva**

Consiste em uma medida que visa mitigar os efeitos de um impacto negativo identificado, quer seja pelo restabelecimento da situação anterior à ocorrência de um evento adverso, quer seja pelo estabelecimento de nova situação de equilíbrio entre os diversos parâmetros do item ambiental, por meio de ações de controle para neutralização do fator gerador do impacto.

Esta medida não tem caráter preventivo, pelo fato de não ter sido planejada antes da ocorrência do impacto. Em uma agroindústria, por exemplo, suponha que não tenha sido prevista uma estação de tratamento, onde o efluente foi lançado no corpo receptor contaminando a água: uma medida

corretiva seria a recuperação do ambiente - algo mais complexo de se realizar, além de ser mais oneroso.

#### ✓ **Medida Mitigadora Compensatória**

Consiste em uma medida que procura repor bens socioambientais perdidos em decorrência de ações diretas ou indiretas do empreendimento. Para exemplificar, suponha que a água de um corpo hídrico tenha sido contaminada pelo efluente de uma agroindústria interrompendo o abastecimento de água de uma dada localidade: fato que provoca prejuízos econômicos para quem depende de seu uso. Uma medida compensatória seria o pagamento de indenizações aos prejudicados por esse impacto e os investimentos em projetos que busquem preservação ambiental nessa área. Não é simples estabelecer medidas compensatórias, pois essas são mais complexas e onerosas.

#### ✓ **Medida Mitigadora Potencializadora**

Consiste em uma medida que visa otimizar ou maximizar o efeito de um impacto positivo decorrente direta ou indiretamente da instalação e operação do empreendimento.

A instalação de uma agroindústria de grande porte envolve impactos negativos, mas também positivos, tais como a geração de empregos e a melhoria da rentabilidade da região. Uma forma de maximizar esses impactos seria programar junto ao município, uma rede para atender essa empresa: criar restaurantes para fornecer alimentação e serviços terceirizados à população local, como limpeza e transporte.

### **7. Termo de ajustamento de conduta (TAC)**

Surgiu no âmbito no Ministério Público, com o objetivo de regularizar a situação de infratores mediante o compromisso ou atendimento de penas “mais brandas” antes da instauração da ação penal. Caso o infrator cumpra fielmente o TAC, a ação penal não se inicia. Foi introduzido no ordenamento jurídico por meio da Lei nº 8.069/90 (Estatuto da Criança e do Adolescente) e da Lei nº 8.078/90 (Código de Defesa do Consumidor). A partir dos anos da década de 1990, os demais interesses difusos e coletivos passaram a ter essa proteção jurídica no Brasil, o que inclui o meio ambiente.

A natureza jurídica do TAC não se caracteriza por um mero contrato, acordos de cooperação ou qualquer transação de interesse privado, mas um termo jurídico cujo objetivo comum é a proteção do direito transindividual. Machado (2005) ressalta que os TAC devem ser tornados públicos, pelo fato de serem de interesse de todos os cidadãos brasileiros.

Como exemplos de TAC firmados entre o infrator e o Ministério público, no tocante às infrações ambientais, destacam-se: a regularização da Reserva Legal da propriedade rural onde foi verificado desmatamento sem autorização; a recuperação de uma Área Preservação Permanente (APP) degradada pelo empreendedor que não solicitou a devida intervenção em APP; enfim, os TAC são geralmente exigidos para aqueles que não fizeram a regularização ambiental de suas atividades.

O fato de ter havido o TAC e o seu correto atendimento não acarreta o descumprimento do procedimento administrativo do órgão ambiental, quais sejam, multas ambientais e a obrigatoriedade da regularização da atividade perante o órgão ambiental.

## **8. Zoneamento ecológico-econômico (ZEE)**

A diversidade brasileira é uma de nossas principais características: certamente, uma das que mais se destacam. Do ponto de vista ambiental, é composto por diferentes ecossistemas, em distintos estágios de conservação; sob o aspecto social, também é um complexo de diferentes grupos humanos, com territorialidades próprias e, não em raras situações, conflitantes entre si. Do ponto de vista econômico, testemunha processos produtivos em constante mudança; em relação ao espectro político, é marcado por uma mistura de interesses de diferenciados segmentos, nas esferas nacional, regional e local (MMA, 2020).

De acordo com esse mesmo autor, é importante tratar essa diferenciação interna das diversas regiões do País como uma potencialidade - não como um problema, tal qual vem sendo tratado ao longo do tempo. Na formulação do planejamento territorial, há de se buscar soluções aos problemas nacionais. É preciso considerar como grande potencial brasileiro sua diversidade regional, com potencialidades latentes a serem apoiadas em cada lugar. Nesse contexto, o Estado adquire papel fundamental para dinamizar o território, sem agredir suas

identidades, estimular ações articuladas a partir de uma visão estratégica em escala nacional, evitando-se a intensificação das desigualdades nacionais.

O planejamento ambiental territorial, de forma específica, apresenta relações essenciais não apenas com o desenvolvimento regional, de forma mais ampla, com o desenvolvimento do País. Enquanto condiciona e expressa o desenvolvimento histórico do País, seu desdobramento e redefinição exigem horizontes temporais que não se esgotam no curto prazo. Além disso, como instrumento de regulação das tendências de distribuição de atividades produtivas e equipamentos, diante de objetivos estratégicos e, ainda, como produto de articulação institucional e de negociações entre atores significativos, o planejamento ambiental territorial, na medida em que oferece subsídios para enfrentar graves problemas sociais, pode servir de base à própria legitimação do Estado (MMA, 2019).

Nesse contexto, o zoneamento ecológico-econômico (ZEE), instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente regulamentado pelo decreto nº 4.297/2002, tem sido utilizado pelo poder público com projetos realizados em diversas escalas de trabalho e em frações do território nacional. Municípios, estados da federação e órgãos federais têm executado ZEE e avançado na conexão entre os produtos gerados e os instrumentos de políticas públicas, com o objetivo de efetivar ações de planejamento ambiental territorial.

O Zoneamento Ecológico-Econômico é o “diagnóstico das características naturais e socioeconômicas de todas as regiões. Uma de suas funções é criar cenários alternativos para a consolidação de potencialidades econômicas, recuperação de áreas degradadas, ocupação territorial integrada e ordenada, bem como para o planejamento dos projetos de infraestrutura influenciados pela adoção de modelos de desenvolvimento social, econômico, cultural e ambientalmente sustentáveis” (FEAM, 2012).

Brasil (2007) define ZEE como “um conjunto de regras para o uso dos recursos ambientais estabelecidos por zonas que possuem padrões de paisagem semelhantes. É um instrumento de planejamento, que estabelece diretrizes ambientais, permitindo identificar as restrições e potencialidades de uso dos recursos naturais. As macro diretrizes estabelecidas no ZEE reconhece que a manutenção da qualidade ambiental de uma região, é também um elemento estratégico para o seu desenvolvimento socioeconômico de longo



prazo”.

O ZEE foi contemplado na PNMA em 1981, como um dos seus instrumentos de consecução da proteção ambiental no Brasil. Somente em 2002 foi regulamentado por legislação específica (Decreto 4.297/02). Tem se transformado numa excelente ferramenta de avaliação de impactos ambientais, pois os empreendimentos no ato do licenciamento ambiental poderão ser autorizados mediante análise prévia do ZEE. Pelo fato do ZEE prever as regiões de aptidão e de vulnerabilidade ambiental, o empreendedor terá informações básicas para dar prosseguimento ao processo de licenciamento. Há excelentes iniciativas de ZEE como ferramenta para o licenciamento ambiental no Brasil. O estado de MG destaca-se na vanguarda com o uso do ZEE como critério inicial e direcional do processo de licenciamento ambiental.

Contudo, de acordo com o MMA (2019), a conciliação dos objetivos do desenvolvimento com os da conservação ambiental requer ainda uma profunda reformulação do modo e dos meios aplicados nos processos de decisão dos agentes públicos e privados. Não basta estabelecer um rigoroso planejamento e ordenamento territorial, concebido segundo os objetivos da conservação ambiental, do desenvolvimento econômico e da justiça social, se isso não for acompanhado da criação e do fortalecimento de novas condições institucionais e financeiras que concorram para sua execução, com uma integração horizontal, vertical e temporal das diversas ações que atuam num dado território.

## **8. Considerações finais**

O crescimento populacional sem precedentes e os modelos de desenvolvimento agropecuário e urbano-industrial praticados nas últimas décadas produziram uma série de aspectos, impactos e externalidades ambientais negativos, com a geração de inúmeras áreas degradadas. A provável origem desses problemas se deve ao modelo desenvolvimentista que estimula o imediatismo nas fases de elaboração e implantação dos diversos empreendimentos em suas múltiplas atividades, com displicência, ou mesmo ausência de planejamento ambiental, não considerando, por exemplo, as questões relativas à predição e às relações sistêmicas que os envolvem.

Contudo, em anos recentes, a preocupação ambiental deixou de ser meramente o foco de pequenos grupos de interesse e ganhou importante papel

nos negócios. Não mais se admite que uma empresa se estabeleça em um dado local e promova degradação e gere impactos ambientais.

Os acidentes ambientais, majoritariamente, afetam os diversos componentes do ecossistema de modo direto e indireto: os efeitos dos impactos e de suas externalidades variam no espaço e no tempo. Além disso, a diversidade e a complexidade dos componentes ambientais que geralmente são afetados nos acidentes dificultam a análise dos impactos originados, que deve ser obrigatoriamente realizada pelo profissional que realiza os procedimentos de recuperação ou as demais atividades citadas, visando o levantamento de incorrências e valoração monetária dos danos ambientais.

A AIA visa contribuir para racionalizar o uso e a gestão do território, reduzindo as ações predatórias e apontando as atividades mais adaptadas às particularidades de cada região, melhorando a capacidade de percepção das inter-relações entre os diversos componentes da realidade e, por conseguinte, elevando a eficácia e efetividade dos planos, programas e políticas, públicos e privados, que incidem sobre um determinado território, espacializando-os de acordo com as especificidades observadas.

Por estas questões, na fase de planejamento, é imprescindível que se realize estudos coordenados e concomitantes relacionados aos aspectos ambientais, econômicos e técnicos, para que as soluções e alternativas adotadas efetivamente tenham em si incorporadas medidas de redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente.

No caso do EIA, faz-se a estimativa dos potenciais impactos que poderão decorrer do empreendimento, obra ou das atividades a serem licenciados. Essa mesma observação pode ser praticada quando se realiza o Cadastro Ambiental Rural (CAR) – intrinsecamente tem a mesma finalidade: ou seja, trata-se de propor, posteriormente ao levantamento e estudo, o planejamento e a execução de procedimentos de adequação ambiental em um documento denominado Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) – envolverá planejamento, definição das técnicas de recuperação de áreas degradadas a serem utilizadas, educação e gestão ambiental.

## 6. Referências citadas

ALMEIDA, F. S.; SAMPAIO, F. de R. G. G.; ALMEIDA, A. A. de Avaliação de impactos ambientais: uma introdução ao tema com ênfase na atuação do gestor ambiental. **Diversidade e Gestão**, v. 1, n. 1, p. 70-87, 2017. Volume Especial.

BRASIL, **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2015.

BRASIL. **Lei 11.516, de 28 de agosto de 2007**. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Instituto Chico Mendes). Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2012.

CANTER, L. **Environmental impact assessment**. New York. McGraw-Hill, 1989. 331 p.

CLAUDIO, C. F. B. R. Implicações da avaliação de impacto ambiental. **Ambiente**, v. 1, n. 3, p. 159-62, 1987.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 20 set. 2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO nº 010 de 06 de dezembro de 1990**. Dispõe sobre a solicitação da Licença Prévia - LP, de Instalação-LI e de Operação - LO deverão ser apresentados os documentos relacionados nos anexos I, II, III desta Resolução, de acordo com o tipo de empreendimento e fase em que se encontre. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 20 set. 2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução do CONAMA nº 237, 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Data da legislação: 19/12/1997. Publicação DOU nº 247, de 22/12/1997, págs. 30.841-30.843. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CONAMA - **Resolução CONAMA nº 349, de 16 de agosto de 2004**. Publicada no DOU nº 158, de 17 de agosto de 2004, Seção 1, páginas 70-71 Correlação: Revogada pela Resolução nº 479/2017. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos ferroviários de pequeno potencial de impacto ambiental e a regularização dos empreendimentos em operação. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V (Eds.) **Recuperação de Áreas Degradadas.** Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 27-44.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. **Licenciamento ambiental.** 2012. Disponível em: <<http://www.feam.gov.br>>. Acesso em: 9 set. 2019.

FEITOSA, I. R.; LIMA, L. S.; FAGUNDES, R. L. **Manual de Licenciamento ambiental:** guia de procedimento passo a passo. Rio de Janeiro: GMA, 23p, 2004. Disponível em: <[https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/cart\\_sebrae.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/cart_sebrae.pdf)>. Acesso em: 17 maio 2020.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário da língua portuguesa.** 5. ed. Curitiba: Positivo, 2010. 2222 p. ISBN 978-85-385-4198-1.

FONSECA, R.; VECCHI, I.; OLIVEIRA, D. N.; ALMEIDA, A. C. R.; ALMEIDA, F. S. O gestor ambiental e as implicações na regulamentação: estudo sobre o projeto de lei 2664/2011 para regulamentação da profissão. **Anais... IV Encontro de Iniciativas Ambientais Internas e Externas à UNIRIO – EIA.** Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO. 2013.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Termo de referência para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).** Belo Horizonte, 2012.

IAIA - Associação Internacional para Avaliação de Impactos. **Licenciamento ambiental.** 2015. Disponível em: <<http://www.iaia.org/>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

KLIGERMAN, D. C. **Avaliação de Impactos Ambientais.** Disponível em [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br). Acesso em 20 set. 2005.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro.** 12. ed. São Paulo, SP: Malheiros, 2005.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **Portal Nacional de Licenciamento ambiental.** 2019. Disponível em: <<http://pnla.mma.gov.br/estudos-ambientais>>. Acesso em: 08 jun. 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **Roteiro de apresentação para plano de recuperação de área degradada (PRAD) terrestre.** 2013. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **Zoneamento Ecológico-Econômico**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial.html>. Acesso em: 12 abr. 2021.

MOREIRA, I. V. D. **Avaliação de impacto ambiental**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1985. 34 p.

MUNN, R. E. **Environmental Impact Assessment: principles and procedures**. SCOPE, Report nº 5, UNESCO. 1975. 173p.

OLIVEIRA, A. L.; NEVES, F. F.; SOUZA, M. P. Considerações sobre o procedimento do licenciamento ambiental no contexto da avaliação de impacto ambiental. **Derecho y Cambio Social**, v. 40, n. 1, p. 1-25, 2015.

PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C. B.; BARBOSA, A. C. M. C.; BORÉM, R. A. T. **Fundamentos da avaliação de impactos ambientais com estudo de caso**. Lavras: UFLA, 2012. 154 p.

PONTES, J. C.; FARIAS, M. M. S.; LIMA, V. L. A. Mineração e seus reflexos socioambientais: estudos de impactos de vizinhança (eiv) causados pelo desmonte de rochas com uso de explosivos. **Polemica**, v. 12, n. 1, p. 77-90, 2013.

QUEIROZ, S. M. Procedimentos referentes à apresentação, análise e parecer formal de EIAS/RIMA. In: Seminário sobre avaliação e relatório de impacto ambiental, 1, 1989, Curitiba, PR, **Anais...** Curitiba: FUPEF/UFPr, 1990. p.182-7.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2013. 559 p.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica**. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

SILVA, E. **Avaliação de impactos ambientais no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 1994b. 31 p.

SILVA, E. **Curso de Avaliação de Impactos Ambientais**. Viçosa: UFV, 1994. 38 p.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas. Vol. II**. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. 384 p.

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p.

## 7. Referências consultadas

BRASIL **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2015.

BRASIL **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2015.

BRASIL, **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10257.Htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.Htm)>. Acesso em: 20 maio 2013.

BRASIL, **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao/lei%209.433>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

BRASIL, **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/CCivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/leis/L9985.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2015.

BRASIL. **Do meio ambiente**: artigo 225 da Constituição Federal de 1988. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. **Instrução Normativa ICMBio nº 11**, de 11 de dezembro de 2014. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao\\_normativa/2014/in\\_icmbio\\_11\\_2014\\_estabelece\\_procedimentos\\_prad.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2020.

BRASIL. **Lei 11.284, de 02 de março de 2006**. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas e institui o Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

BRASIL. **Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Instituiu o código florestal brasileiro. Brasília, DF, 1965. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. **Lei 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

BRASIL. **Livro Azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 01 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para avaliação de impacto ambiental. Brasília, 1986. Acesso em: 02 dez. 2020.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução de 06 de dezembro de 1990, n. 13**. Brasília: D.O.U. de 28/12/90, seção I, 1999. p. 25-41.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 1, de 8 de março de 1990a**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=98>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 3, de 28 de junho de 1990b**. Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=98>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 279, de 27 de junho de 2001**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=277>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 6, de 16 de setembro de 1987**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=57>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 396, de 03 de abril de 2008**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?Codlegi=562>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 09 de 24 de outubro de 1996**. Dispõe sobre Corredores ecológicos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=208>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acessado em: 13 ago. 2017.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Data da legislação: 23/01/1986. Publicação DOU, de 17/02/1986, p. 2548-2549.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Lei da vida**: a lei dos crimes ambientais. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Assessoria de Comunicação Social, 2001.

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Flora**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 28 ago. 2003.

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**: técnicas de revegetação. Brasília: IBAMA, 1990. 96p.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Avaliação de impacto ambiental**: agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília: IBAMA, 1995. 132p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **Cidades sustentáveis**. Brasília: MMA, 2000. 155p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 23 maio 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 06, de 24 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre os modelos de licenciamentos. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=29>>. Acesso em: 01 maio 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **Resolução CONAMA nº 10, de 6 de dezembro de 1990**. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=107>>. Acesso em: 27 maio 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 11, de 18 de março de 1986**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=34>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **Resolução CONAMA nº 239 de 25 de outubro de 2001**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=286>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

PELUZIO, T. M. de O.; PELUZIO, J. B. E. (org.). Introdução à avaliação de impactos ambientais: perguntas e respostas. Vitória: Edifes Parceria, 2021. 79 p. ISBN 978-65-89716-56-3.



## **Autor**

Maurício Novaes Souza\*

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

---

## Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente

Cristiano Oliveira, Bruno Fazolo Repposi, André Geaquinto Ferri, Gabriel Permanhane da Silva, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Guilherme Andrião Trugilho, Danillo Sartório Rangel, Geisa Corrêa Louback, Luiz Flávio Vianna Silveira, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c3>

### Resumo

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são fundamentais à manutenção dos corpos hídricos. São protegidas por lei e sua existência interfere diretamente na disponibilidade e qualidade das águas superficiais. Uma nascente, para que seja considerada conservada e, ou, preservada, deve apresentar vegetação ciliar em todo o seu entorno, bem como possuir suas áreas de recarga, os topos de morro, protegidos e vegetados. Nessas áreas acontece a infiltração das águas das chuvas que reabastecerão os lençóis de toda a bacia hidrográfica, fornecendo água às nascentes, córregos e rios. As mudanças das classes de uso do solo, por exemplo, para pastagens e áreas urbanizadas, vêm mudando drasticamente esse padrão de funcionamento dos ecossistemas. O Novo Código Florestal ampara a proteção da vegetação ciliar que margeia diretamente os corpos hídricos. No entanto, este esforço de recuperação, que fica a cargo do proprietário da área, deve levar em conta as especificidades de cada área a ser restaurada, como as condições edafoclimáticas e a fitofisionomia local, de forma a programar o modelo correto de recuperação. Reforça-se, então, a importância de veiculação de informações referentes aos aspectos legais envolvidos na definição de APP, bem como a necessidade de desenvolvimento e divulgação de modelos específicos para diferentes contextos ambientais, minimizando as chances de fracasso de projetos de recuperação devido à adoção de metodologias genéricas. Há de se contemplar uma grande diversidade de espécies e de grupos funcionais, levando em consideração a função a ser desempenhada por cada componente no processo de sucessão natural da área.

**Palavras-chave:** APP. Área de Recarga. Legislação Ambiental. Preservação. Recuperação.

### 1. Introdução

A classificação de espaços como as Áreas de Preservação Permanente (APP), relaciona-se, na maior parte dos casos, à sua fragilidade natural:

proximidade de ecossistemas aquáticos, tais como as nascentes, córregos e rios (BRASIL, 2012; LEHFELD et al., 2013). Dada a sensibilidade desses sistemas, o Novo Código Florestal ampara a proteção da vegetação ciliar que margeia diretamente os corpos hídricos. Também, contempla espaços que não estão imediatamente próximos aos corpos hídricos, mas que atuam na sua manutenção, como os topos de morro: fundamentais para a recarga dos aquíferos que compõem a microbacia hidrográfica (BRASIL, 2012; BAGGIO et al., 2013).

A cobertura florestal nas APP exerce efeitos positivos sobre os sistemas hídricos (PERMANHANE et al., 2020). Além de mitigar impactos da ocupação humana, atuando na redução e filtragem do escoamento superficial e do carreamento de sedimentos para os corpos hídricos (WAMMES *et al.*, 2007; SOUZA, 2015), sua manutenção é fundamental para a interceptação, infiltração e manutenção da umidade do solo, promovendo a recarga dos aquíferos (BLINI; YOSO SAKAMOTO, 2013).

As raízes das árvores e a serapilheira produzida pelas demais espécies das florestas permitem a absorção de cerca de 70% do volume das chuvas, normalizando a vazão dos corpos hídricos (SBPC; ABC, 2012). A baixa densidade do solo florestal, poroso e rico em matéria orgânica, cumpre um importante papel na taxa de infiltração de água (SOUZA; LEITE; BEUTLER, 2004; MINOSSO et al., 2017) e na estabilização de agregados (SIX et al., 2000); no sombreamento e na diminuição da temperatura (VALENTE; GOMES, 2005); e na redução da evaporação (MINOSSO et al., 2017).

A substituição da cobertura original dessas áreas, pela agropecuária e, ou, pela matriz urbana, condiciona alterações no ciclo hídrico local que podem comprometer a quantidade e qualidade das águas superficiais disponíveis (DAVIDE et al., 2002). Solos sob pastagem de manejo extensivo tendem a apresentar maior densidade devido ao tráfego do gado, dificultando a infiltração da água no solo (PINHEIRO et al., 2009). Apesar de permitir taxas mais altas de infiltração que as pastagens, devido à presença de cobertura vegetal e solo menos denso, lavouras perenes expõem os cursos hídricos à presença constante de agroquímicos, além de não oferecer os mesmos benefícios que a cobertura florestal (MINOSSO et al., 2017).

Além de contribuir para a normalização da vazão dos corpos hídricos, a cobertura florestal proporcionada pelas vegetações ciliares presta importantes serviços ecossistêmicos em benefício da biodiversidade - resgata todos os benefícios ofertados pela cobertura florestal em um sítio de APP: deve-se pôr em prática a reconstrução gradual da floresta, resgatando sua biodiversidade, funções ecológicas e autossustentabilidade em longo prazo.

Além disso, proporciona um ambiente heterogêneo para o estabelecimento das espécies terrestres (VALENTE; GOMES, 2005), forma corredores ecológicos naturais, minimizando a fragmentação dos habitats (COLWELL; CODDINGTON, 1994; KEARNS et al., 1998; KEVAN, 1999; SPELLERBERG; SAWYER, 1999), contribui para o estoque de nutrientes no ambiente aquático, por intermédio do depósito de material orgânico, além de favorecer a formação de habitat adequado para a fauna aquática pela formação de raízes (LEHFELD et al., 2013).

Entre 1985 e 2017 foi observada uma perda de 9.6 Mha de cobertura florestal, apenas no bioma Mata Atlântica. Neste mesmo período, houve um ganho de 12.2Mha em áreas florestadas no bioma, levando a saldo positivo de florestamento. Souza et al. (2020) atribuem grande parte deste ganho à crescente adequação ambiental de zonas ciliares, sublinhando a importância das iniciativas de preservação e recuperação de APP para a floresta.

Porém, visando resgatar todos os benefícios ofertados pela cobertura florestal em um sítio de APP, deve-se pôr em prática a reconstrução gradual da floresta, resgatando sua biodiversidade, funções ecológicas e autossustentabilidade em longo prazo. Há de se contemplar uma grande diversidade de espécies e de grupos funcionais, levando em consideração a função a ser desempenhada por cada componente no processo de sucessão natural da área (RODRIGUES et al., 2020).

Diante desse fato, o presente capítulo oferece subsídio teórico para iniciativas de conservação e recuperação de APP. São apresentados os aspectos legais mais relevantes para a tomada de decisões no seu manejo, os princípios ecológicos fundamentais para o planejamento de ações de recuperação, além de uma breve apresentação dos principais modelos de recuperação, contemplando exemplos praticados em experiências anteriores.

## 2. APP no Código Florestal Brasileiro

O primeiro código florestal brasileiro surgiu no ano 1934, por meio do decreto nº 23.793 (BRASIL, 1934), sofrendo alterações apenas em 1965, quando se torna a lei nº 4.771 (BRASIL, 1965). Por último, já no ano de 2012, foram implementadas novas mudanças e atualizações, resultando na lei nº 12.651, conhecida como “Novo Código Florestal Brasileiro”, que vigora atualmente (BRASIL, 2012).

O vigente Código Florestal Brasileiro dá grande destaque às chamadas Áreas de Preservação Permanente (APP), justificando a proteção da vegetação nestes espaços pelas suas funções ambientais de preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade e do bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). A vegetação situada nas APP deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado. As APP são submetidas a um regime especial de proteção, sendo que a intervenção ou a supressão de sua vegetação nativa somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2012).

O Código Florestal define onze categorias de APP (BRASIL, 2012):

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (BRASIL, 2012).

Nota-se, que o enquadramento de todos os espaços referidos como APP, justifica-se devido à sua função ambiental de conservação e, ou, preservação dos cursos d'água correntes ou de água parada. A função ambiental prioritária das APP, nestes casos, relaciona-se com a manutenção do leito, prevenindo a sua extinção, a queda de barrancos e encostas, bem como o assoreamento (LEHFELD et al., 2013; SOUZA, 2015).

De acordo com esses mesmos autores, o sentido de “permanência”, expresso pela adoção do termo APP, transmite a imprescindibilidade da manutenção da vegetação local. Segundo Machado (2004), representa um território em que a vegetação deve estar presente: caso não esteja, deverá ser plantada. Estas áreas não estão, portanto, passivas de perder a sua vocação florestal, ainda que a floresta pereça, ou seja, removida. Desta forma, a vegetação, e a própria área, não são objeto de preservação própria, mas devido às suas funções protetoras intrínsecas.

Apesar disso, o Código Florestal estabelece disposições transitórias, por meio das quais autoriza a continuidade de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em parte do espaço das APP rurais, as quais sejam consolidadas até 22 de julho de 2008. No entanto, tal quadro deverá ser informado ao Cadastro Ambiental Rural (CAR), para que seja possível o seu monitoramento e, ainda, competirá ao proprietário a adoção de técnicas de conservação do solo e da água, a fim de mitigar o impacto ambiental ocasionado pela execução de tais atividades, sendo estas técnicas estabelecidas no Programa de Restauração Ambiental (PAR) de cada unidade federativa (BRASIL, 2012).

Tais regras transitórias estabelecem as dimensões mínimas nas quais a vegetação deve ser recomposta nas APP de uso consolidado, com vistas a garantir a oferta de serviços ecossistêmicos a elas associados. Os critérios utilizados para a determinação dessas dimensões são o bem ambiental objeto de proteção (cursos d'água, veredas, nascentes), a sua extensão (ou dimensão) e a área do imóvel rural em que se localiza (BRASIL, 2012) (Tabela 1).

Legalmente, tal recomposição poderá ser feita aplicando, isolada ou conjuntamente, os seguintes métodos:

I - condução de regeneração natural de espécies nativas;

II - plantio de espécies nativas;

III - plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas;

IV - plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até 50% (cinquenta por cento) da área total a ser recomposta, no caso dos imóveis rurais familiares (BRASIL, 2012).

**Tabela 1.** Relação de módulos fiscais com a área a ser preservada

Módulos Fiscais <sup>8</sup>	Faixa a ser recomposta (m)			
	Curso d'água	Nascente	Veredas	Lagos e Lagoas naturais
Até 1	5	15	30	5
1 a 2	8	15	30	8
2 a 4	15	15	30	15
4 a 10	20 a 100	15	50	30
Acima de 10	30 a 100	15	50	30

Fonte: Brasil (2012).

### 3. Recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP)

A recuperação da vegetação nativa em uma APP não deve obedecer a um padrão pré-definido, podendo seguir os mais diversos modelos, de acordo com a realidade local (SOUZA; MORAES; RIBEIRO, 2005). Apesar disso, o que se observa, no Brasil, é uma tendência à elaboração de receitas generalizadas: este procedimento é, muitas vezes, a causa do fracasso de muitos projetos de recuperação ambiental (ALMEIDA, 2016; SOUZA, 2018). Para maximizar as chances de sucesso, o cronograma de recuperação de uma área deve obedecer

<sup>8</sup> Módulo fiscal é uma unidade de medida, em hectares, cujo valor é fixado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). No Brasil, varia de acordo com o município do imóvel rural, podendo ser de 5 a 110 hectares; no Estado do Espírito Santo varia de 7 a 60 hectares.



às condições físicas dos solos e aos tipos de vegetação existentes (SOUZA, 2004; CAMPANILI; SCHAFFER, 2010; SOUZA, 2015; 2018; 2021a; 2021b).

A recomposição da comunidade arbórea local dar-se-á com maior ou menor dificuldade, de acordo com o estado de degradação ou alteração a qual a área tenha sido submetida. O histórico de manejo e exploração de um determinado sítio pode afetar a resiliência ecológica local, composta por: I) a memória ecológica da área; e II) a qualidade e disponibilidade de recursos naturais para o desenvolvimento da floresta. Desta forma, o estabelecimento das espécies e o processo sucessional local podem ser comprometidos, levando a estados alternativos de estabilidade, que não ofereçam os benefícios ecossistêmicos esperados de uma floresta madura (CHAZDON, 2014; SOUZA, 2015; 2018).

A perturbação ambiental, provocada pela remoção da cobertura florestal de uma área sob uso antrópico contínuo, pode suprimir a memória ecológica local, extinguindo as chances de rebrota de troncos e raízes, da regeneração de mudas e propágulos juvenis presentes no local, e inviabilizar a germinação e estabelecimento do banco de sementes. Em último caso, a fragmentação severa da floresta pode acarretar ainda em grande dificuldade de colonização por chuva de sementes, devido à longa distância entre os fragmentos (VIEIRA; SCARIOT, 2006; CHAZDON et al., 2009; NORDEN et al. 2009; MAGNAGO et al., 2012; CHAZDON, 2014).

Após a interrupção das fontes de perturbação em um sítio agrícola, a colonização por espécies iniciais da flora local pode ser significativamente inibida, por muitos anos, por espécies cultivadas persistentes na área (MYSTER, 2004). Em pastagens abandonadas, gramíneas africanas podem formar “moitas” superiores a três metros de altura, criando uma barreira muito densa para o estabelecimento de mudas e propágulos juvenis (AIDE et al., 1995). Em pastagens degradadas e íngremes, a erosão severa do solo acomete a abundância e a diversidade dos esporos de fungos micorrízicos, necessários para a assimilação de nutrientes do solo pela maior parte das espécies arbóreas (CARPENTER et al., 2001). Além disso, ciclos repetidos de cultivo podem reduzir a disponibilidade de nutrientes no solo durante o período de pousio (AWETO, 2013).

Levando em consideração o estágio de depauperamento das condições ambientais de cada área, e também a disponibilidade de tempo e recursos, podem-se adotar iniciativas com diferentes níveis de sofisticação e intervenção humana (CHAZDON, 2008; SOUZA, 2021a; 2021b). Segundo Almeida (2016), os modelos mais comumente utilizados são a regeneração natural, a recuperação com espécies pioneiras, as ilhas de diversidade, o plantio em linhas alternadas e o plantio em módulos. Martins (2001) sugere, entre outros modelos, o plantio em linha com duas espécies, o plantio em linha com várias espécies, o plantio em quincôncio e o plantio adensado.

#### **4. Modelos de Recuperação**

O passo inicial a ser seguido quando se pretende recuperar ambientalmente uma área, deve-se associar o planejamento aos processos naturais de sucessão, além de considerar sempre as interferências externas presentes nos ecossistemas que fazem com que as sequências sucessionais possam tomar diferentes caminhos. Dessa forma, a tentativa será a de reproduzir o processo natural: por meio do histórico da área, será obtido o máximo de informações a seu respeito, visando acelerar as mudanças das comunidades na busca de se atingir o estágio mais desenvolvido e um novo equilíbrio, mesmo que este originalmente não seja alcançado.

De acordo com Almeida (2016), nos dias atuais, entende-se por recuperação ambiental uma expressão que representa um processo mais amplo, mais holístico, que envolve recuperação do meio biótico e do meio físico. Para isso, deve-se promover a sucessão de todos os elementos (solo, microflora, flora e fauna), o que conferirá a área maior resistência e resiliência<sup>9</sup>.

##### **4.1. Regeneração natural**

Este modelo consiste no favorecimento da recuperação de uma área perturbada, lançando mão do mínimo de intervenção humana possível. Leva em conta que a regeneração natural ocorre espontaneamente sobre áreas nas quais práticas de pecuária e agricultura foram interrompidas, desde que sejam oferecidas algumas condições mínimas para que se estabeleça a sucessão (GUERRA et al., 2020).

---

<sup>9</sup> Capacidade de voltar a um estado de equilíbrio.

A medida primordial para que se proceda a regeneração natural, é a remoção das fontes de perturbação: envolve, necessariamente, o cercamento das áreas de forma a isolar o acesso aos animais e pessoas, que possam suprimir o desenvolvimento da vegetação - assim, propágulos de espécies pioneiras podem iniciar seu desenvolvimento. Medidas como construção de aceiros, controle de formigas, plantas invasoras e erosão, também devem ser levadas em consideração, a fim de proporcionar condições favoráveis para o desenvolvimento das plântulas (ANDRADE NETTO et al., 2015) (Figura 01).



**Figura 1.** Área recuperada por regeneração natural (ao fundo) e por modelos diversos (parte frontal) no IF Sudeste de Minas - campus Rio Pomba (MG).  
Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2013).

A principal justificativa para a adoção deste modelo é a redução de custos do projeto, por requerer menor intervenção humana, eliminando custos atrelados à produção de mudas, insumos, manutenção e mão de obra (MAGNAGO et al., 2012). A semeadura direta e o plantio de mudas nativas têm custo superior a aproximadamente dez vezes que abordagens de restauração menos intensivas, como a regeneração natural. A maioria destes custos está vinculada a fase de implementação, relacionando-se, principalmente, ao isolamento da área (BRANCALION et al., 2019).

No entanto, Zahawi et al. (2014) chamam a atenção para três potenciais riscos, que podem ocasionar custos adicionais, em longo prazo, no monitoramento desse tipo de projeto:

I. Processo lento da recuperação, que pode levar à rescisão de contratos e abandono do projeto por parte dos proprietários das terras.

II. Áreas isoladas, em pousio, tendem a ser vistas como terras abandonadas, propiciando a incidência de gado e invasões, requerendo visitas frequentes, por períodos longos.

III. Mesmo na ausência dos dois primeiros conflitos, são necessários muitos suprimentos para cercas e mão de obra para reparos periódicos, devido à lentidão do processo.

#### **4.2. Recuperação com espécies pioneiras**

Almeida (2016) recomenda este modelo para áreas degradadas que possuam em sua proximidade a presença de fragmentos florestais, estando passivas do recebimento de propágulos: porém, que apresentem condições edafoclimáticas limitantes para o estabelecimento desses regenerantes (Figura 2).



**Figura 2.** Área degradada: Sítio Alto Água Limpa, Mimoso do Sul, ES - Propriedade Arlete Machado. Fonte: Arquivo Cristiano Oliveira (2020).

Neste caso, procede-se o plantio utilizando 100% de espécies pioneiras, de forma a alcançar um rápido recobrimento. Elimina-se a competição por recursos com as gramíneas invasoras, oferecendo as condições necessárias para o estabelecimento de espécies secundárias e clímax, que devem chegar à área espontaneamente, ao longo do tempo.

Modelos nessa linha foram desenvolvidos para encostas situadas no estado do Rio de Janeiro, para áreas cobertas com capim colômbio (*Panicum maximum*), onde o plantio adensado (1 planta m<sup>-2</sup>) foi adotado visando obter rápido recobrimento e sombreamento do solo, reduzindo os custos de manutenção. Recomenda-se a utilização de 90 a 100% de pioneiras para os casos em que haja problemas de controle de plantas invasoras (ALMEIDA, 2016).

### **4.3. Recuperação com ilhas de diversidade**

A fim de reduzir os custos atrelados às iniciativas de plantio de mudas em uma área total, mostra-se uma alternativa a implantação de “ilhas de diversidade”. Neste método, o plantio de mudas ocorre em alguns pontos no terreno. Reis et al. (1999) sugerem que nestes pontos, sejam implantadas as ilhas de diversidade ou núcleos, os quais devem conter uma alta diversidade, em termos de táxons, grupos sucessionais e formas de vida vegetais.

Espera-se, com isso, que tais núcleos biodiversos contribuam para a colonização das áreas adjacentes, por meio da dispersão de propágulos, replicando a situação que ocorre na natureza (ALMEIDA, 2016).

As ilhas de diversidade devem ocupar de 15 a 30% da área. Devem conter espécies dos três grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e clímax), e têm a missão de servir como um trampolim ecológico, atraindo dispersores de sementes, que as distribuirão por toda a área (AZEVEDO et al., 2011) (Figura 03).



**Figura 3.** Ilhas de diversidade: sítio Rosário, Mimoso do Sul, ES - Propriedade Luiz Machado. Fonte: Arquivo Cristiano Oliveira (2020).

Martins (2001) considera que, apesar desse modelo de recuperação ter um custo relativamente baixo, a recuperação da vegetação nativa a partir de ilhas de diversidade tende a ser um processo lento. Souza (2018), por meio da utilização desse modelo, obteve bons resultados nos procedimentos de recuperação de uma área de vegetação ciliar alterada; há de se considerar que havia fragmentos florestais na proximidade.

#### **4.4. Plantio em linhas alternadas**

Esse modelo é considerado uma alternativa para facilitar a operacionalização do plantio de mudas, sendo, por isso, o mais utilizado em grandes áreas, principalmente em plantios mecanizados. Normalmente, planta-se uma linha de espécies pioneiras e outra linha com espécies não pioneiras, podendo, também, utilizar plantas pioneiras e não-pioneiras alternadas dentro da mesma linha (ALMEIDA, 2016). Segundo Martins (2001), este modelo se baseia na premissa de que a espécie pioneira fornecerá sombra para a não pioneira, que a substituirá ao longo do tempo (Figura 4).



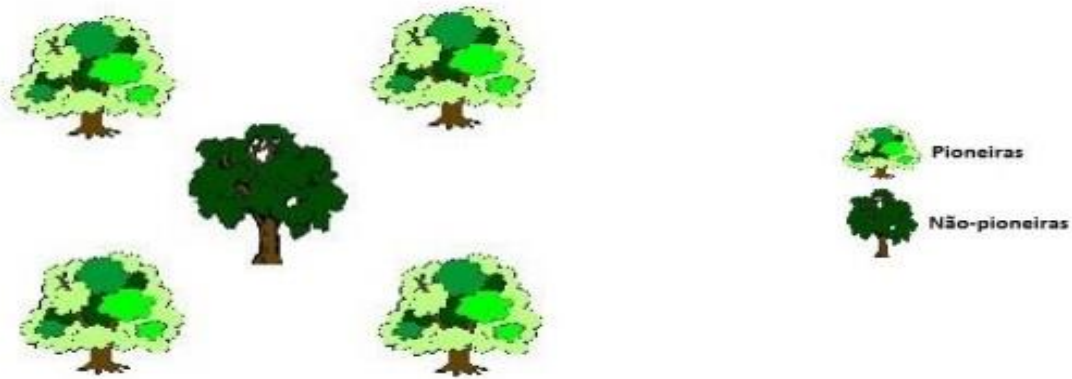
**Figura 4.** Plantio em linhas alternadas em APP no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2013).

De acordo com esses mesmos autores, neste modelo um item deve ser incorporado na seleção de espécies: a classificação com base na forma da copa. Deve-se utilizar nas linhas destinadas ao plantio de espécies pioneiras aquelas possuidoras de copa larga: esta estratégia vai proporcionar o fechamento mais rápido do dossel que está sendo formado na recuperação ecológica e, conseqüentemente, formar sombra.

Como resultado, será eliminada de forma mais rápida a vegetação competidora rasteira, com destaque as gramíneas. Adicionalmente, esta medida tem importância na redução do custo financeiro da restauração ecológica - as plantas, normalmente competidoras, vão desaparecer em tempo mais reduzido do ecossistema, que adquirirá forma e característica florestal.

#### **4.5. Plantio em módulos**

Neste modelo, posiciona-se uma planta de forma central (secundária, tardia ou clímax), rodeada por quatro (4) espécies pioneiras (sombreadoras) (Figura 5).



**Figura 5.** Plantio em quincôncio. Fonte: Martins (2007).

Estes módulos são dispostos por toda a área alvo da recuperação. Trata-se de um método mais adequado para áreas menores, devido à sua maior complexidade de implantação (ALMEIDA, 2016). Denomina-se esse modelo, também, de plantio em quincôncio. Como as espécies pioneiras apresentam crescimento rápido, em poucos meses devem fornecer o sombreamento necessário para a muda de espécies não pioneiras (MARTINS, 2001) (Figura 6).

Segundo Rodrigues et al. (2020), este modelo possibilita que as espécies pioneiras, que tem um crescimento mais rápido a pleno sol, preparem a área, fornecendo sombreamento e a deposição de biomassa no solo, aumentando os teores de matéria orgânica, favorecendo o posterior desenvolvimento das espécies secundárias e clímax.



**Figura 6.** Sítio Alto Água Limpa, Mimoso do Sul, ES - Propriedade Arlete Machado. Fonte: Arquivo pessoal Cristiano Oliveira (2020).



#### 4.6. Plantio adensado

Este modelo foi proposto para a revegetação de áreas degradadas da Mata Atlântica, principalmente de encostas ocupadas por gramíneas invasoras; no entanto, perfeitamente viável sua aplicação em recuperação de matas ciliares (Figura 7).



**Figura 7.** Sítio Rosário Mimoso do Sul, ES - Propriedade Luiz Machado. Fonte: Isabela Machado de Oliveira (2020).

Utiliza-se o espaçamento 1,0 x 1,0 (10.000 plantas ha<sup>-1</sup>), com linhas onde são intercaladas espécies pioneiras e não pioneiras. Devido à alta densidade de mudas a serem utilizadas, apresentam custos de implantação mais elevados (ALMEIDA, 2016).

Plantios adensados são indicados para áreas ciliares muito degradadas, requerendo cobertura rápida do solo para o controle da erosão; ou quando as espécies invasoras apresentam crescimento muito agressivo, competindo com as espécies arbóreas.

#### 5. Sistemas de manejo

A recuperação da vegetação nativa arbórea em uma determinada área se dará com maior ou menor dificuldade, dependendo do estágio de degradação ou alteração que essa área tenha suportado. O reflorestamento com espécies nativas, em áreas ocupadas pelas gramíneas *Brachiaria* spp., tem encontrado

grandes dificuldades devido à capacidade de competição dessa gramínea com as espécies arbóreas.

Um experimento, realizado no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, visou a recuperação de uma área de APP composta por vegetação ciliar. De acordo com Souza (2018), foi utilizada em um dos quatro (4) tratamentos, a cobertura do solo após a roçada da braquiária, com uma lona plástica de 0,5 m de largura para proteger a linha de mudas (Figura 8).

Sobre ela, foi depositada uma camada de aproximadamente 0,05 m do material roçado. Os resultados obtidos, apesar de não resolverem totalmente o problema, foram bastante satisfatórios. De acordo com esse mesmo autor, a largura da lona de proteção, em casos de áreas dominadas por gramíneas muito agressivas como a braquiária, a faixa de proteção deve ser de, pelo menos, 1 m de largura.



**Figura 8.** Utilização de lona plástica: impedir o desenvolvimento e reduzir a competição com a gramínea *Brachiaria Spp.* Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2013).

## 6. Considerações finais

A classificação das Áreas de Preservação Permanente e a sua submissão a um regime especial de proteção, derivam diretamente das características físicas do próprio terreno, relacionando-as aos sistemas hídricos.

Desta forma, deve-se reforçar a imprescindibilidade da manutenção da vegetação nestes locais, visto que a vocação florestal é intrínseca a esses espaços: tanto legalmente, quanto para efeitos práticos sobre a normalização dos cursos hídricos.

Deve-se dar grande atenção, portanto, a obrigatoriedade da recuperação, ainda que parcial, da vegetação em áreas de APP, mesmo naquelas consideradas de uso consolidado.

Este esforço de recuperação fica a cargo do proprietário da área. Deve levar em conta as especificidades de cada área a ser recuperada, como as condições edafoclimáticas e a fitofisionomia local, de forma a programar o modelo correto de recuperação.

Reforça-se, então, a importância de veiculação de informações referentes aos aspectos legais envolvidos na definição de Áreas de Preservação Permanente, bem como a necessidade de desenvolvimento e divulgação de modelos específicos para diferentes contextos ambientais, minimizando as chances de fracasso de projetos de recuperação devido à adoção de metodologias genéricas.

## 7. Referências

- AIDE, T. M.; ZIMMERMAN, J. K.; HERRERA, L.; ROSARIO, M.; SERRANO, M. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, v. 77, p. 77-86, 1995.
- ALMEIDA, D. S. D. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. Ilhéus: Editus, 2016. 200 p.
- ANDRADE NETTO, D. S.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S. **Manual de restauração florestal de áreas de preservação permanente, Alto Teles Pires, MT**. São Paulo: The Nature Conservancy, 2015. 129 p.
- AWETO, A. O. **Shifting cultivation and secondary succession in the tropics**. Boston: CAB International, 2013. 208 p.
- AZEVEDO, C. R.; PEREIRA, M. W. M.; PINTO, L. V. A. Utilização de ilhas de diversidade na recuperação ecológica/ambiental de áreas degradadas. **Anais... II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Londrina – PR. 2011.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; FELIZARI, S. R.; RUFFATO, A. **Recuperação e proteção de nascentes em propriedades rurais de Machadinho, RS**. Brasília: Embrapa, Folheto, 2013. 25 p.

BLINI, R.; SAKAMOTO, A. Y. Análise ambiental do Córrego Arroz Doce Selviria/MS. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, p. 392-405, 2013.

BRANCALION, P. H. S.; MELI, P.; TYMUS, J. R. C.; LENTI, F. E. B.; BENINI, R. M.; SILVA, A. P. M.; ISERNHAGEN, I.; HOLL, K. D. What makes ecosystem restoration expensive? A systematic cost assessment of projects in Brazil. **Biological Conservation**, v. 240, p. 108-274, 2019.

BRASIL. **Decreto n. 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1934. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html>>. Acesso em: 02 mar. 2022.

BRASIL. **Lei n. 4771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o Novo Código Florestal. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 02 mar. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e a Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83)>. Acesso em: 02 mar. 2022.

CAMPANILI, M.; SCHAFFER, W. B. (Org.). **Mata Atlântica – Patrimônio Nacional dos Brasileiros**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. 408 p.

CARPENTER, F. L.; MAYORGA, S. P.; QUINTERO, E. G.; SCHROEDER, M. Land-use and erosion of a Costa Rican Ultisol affect soil chemistry, mycorrhizal fungi and early regeneration. **Forest Ecology and Management**, v. 144, n. 1-3, p. 1-17, 2001.

CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v. 320, n. 5.882, p. 1458-1460, 2008.

CHAZDON, R. L.; PERES, C. A.; DENT, D.; SHEIL, D.; LUGO, A. E.; LAMB, D.; STORK, N. E.; MILLER, S. E. The potential for species conservation in tropical secondary forests. **Conservation biology**, v. 23, n. 6, p. 1406-1417, 2009.

CHAZDON, L. R. **Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation**. Chicago: The University of Chicago Press, 2014. 472 p.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transaction of the Royal Society**, v. 345, p. 101-118, 1994.

DAVIDE, A. C.; PINTO, L. V. A.; MONNERAT, P. F.; BOTELHO, S. A. **Nascente: o verdadeiro tesouro da propriedade rural—o que fazer para conservar as nascentes nas propriedades rurais.** Lavras: UFLA/CEMIG, Cartilha, 2002. 20 p.

GUERRA, A.; REIS, L. K.; BORGES, F. L. G.; OJEDA, P. T. A.; PINEDA, D. A. M.; MIRANDA, C. O.; MAIDANA, D. P. F. D. L.; DOS SANTOS, T. M. R.; SHIBUYA, P. S.; MARQUES, M. C. M.; LAURANCE, S. G. W.; GARCIA, L. C. Ecological restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps. **Forest Ecology and Management**, v. 458, p. 777-802, 2020.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, n. 29, p. 83-112, 1998.

KEVAN, P.G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 74, n. 3, p. 373-393, 1999.

LEHFELD, L. D. S.; CARVALHO, N. C. B. D.; BALBIM, L. N. **Código Florestal comentado e anotado: artigo por artigo.** Rio de Janeiro: Forense, São Paulo: Método, 2013. 352 p.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**, 12. ed. São Paulo: Malheiros, 2004. 1092 p.

MAGNAGO, L. F. S.; MARTINS, S. V.; VENZKE, T. S.; IVANAUSKAS, N. M. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal. In: MARTINS, S. V. (Org.) **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012, p. 69-100.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2001. 146 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007. 255 p.

MINOSSO, J.; ANTONELI, V.; DE FREITAS, A. R. Variabilidade sazonal da infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso na região sudeste do paraná. **Geographia Meridionalis**, v. 3, n. 1, p. 86-103, 2017.

MYSTER, R. W. Post-agricultural invasion, establishment, and growth of Neotropical trees. **Botanical Review**, v. 70, p. 381-402, 2004.

NORDEN, N.; CHAZDON, R. L.; CHAO, A.; JIANG, Y. H.; VÍLCHEZ-ALVARADO, B. Resilience of tropical rain forests: tree community reassembly in secondary forests. **Ecology Letters**, v. 12, n. 5, p. 385-394, 2009.

PERMANHANE, G.; TAVARES, L. R.; MARTINS, M. P.; RABELLO, H. Avaliação do estado de conservação de nascentes e suas Áreas de Preservação Permanente em Prosperidade, Vargem Alta, ES. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, p. 59-73, 2020.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 188-199, 2009.

REIS, A.; NAKAZONO, E. M.; ZAMBONIN, R. M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta animal**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 1999. 42 p.

RODRIGUES, A. B. M.; GIULIATTI, N. M.; JÚNIOR, A. P. Aplicação de metodologias de recuperação de áreas degradadas nos biomas brasileiros. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 1, p. 333-369, 2020.

SBPC; ABC. **O Código Florestal e a Ciência: Contribuições para o Diálogo**. 2. ed. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência; Academia Brasileira de Ciências, 2012. 294 p.

SIX, J.; PAUSTRIAN, K.; ELLIOTT, E. T.; COMBRINK, C. Soil Structure and organic matter: distribution of aggregate size classes and aggregate-associated carbon. **Soil Science Society American Journal**, v. 64, p. 681-689, 2000.

SOUZA, A. D.; MORAES, M. G. D.; RIBEIRO, R. D. C. L. F. Gramíneas do cerrado: carboidratos não-estruturais e aspectos ecofisiológicos. **Acta Botânica Brasílica**, v. 19, p. 81-90, 2005.

SOUZA, C. M. JR.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; DE OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; NETO, L. C. F.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 273-315, 2020.

SOUZA, J. A.; LEITE, A. N.; BEUTLER, Z. M. Comportamento de atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob Agroecossistemas do Amazonas. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 654-662, 2004.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

SOUZA, M. N. **Dinâmica do uso dos recursos hídricos nas bacias do ribeirão Entre Ribeiros e do rio Preto, afluentes do rio Paracatu**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p.

SOUZA, M. N. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos. p. 11-57. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021b.133 p.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021a.133 p.

SPELLERBERG, I. F.; SAWYER, J. W. **An introduction to applied biogeography**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 257 p.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 210p.

VIEIRA, D. L. M; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 1, p. 11-20, 2006.

WAMMES, E. V. S.; UHLEIN, A.; CASTAGNARA, D. D.; FEIDEN, A.; PERINI, L. J.; STERN, E.; ZANELATO, F. T.; VERONA, D. A.; ULIANA, M. R. B.; ZONIN, W. J.; SILVA, N. L. S. Importância ambiental das Áreas de Preservação Permanente e sua quantificação na microbacia hidrográfica da Sanga Mineira do município de Mercedes – PR. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1408-1411, 2007.

ZAHAWI, R. A.; REID, J. L.; HOLL, K. D. Hidden costs of passive restoration. **Restoration Ecology**, v. 22, n. 3, p. 284-287, 2014.

## **Autores**

Cristiano Oliveira, Bruno Fazolo Repposi, André Geaquinto Ferri, Gabriel Permanhane da Silva, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Guilherme Andrião Trugilho, Danillo Sartório Rangel, Geisa Corrêa Louback, Luiz Flávio Vianna Silveira, Maurício Novaes Souza\*

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)



---

## Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal

Eloisio de Oliveira Martins, Guilherme Andrião Trugilho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c4>

### Resumo

O uso intensivo do solo e o manejo inadequado dos sistemas de produção ocasionam impactos ambientais, problemas de ordem socioeconômica e promove o êxodo rural diante da degradação do ambiente - requer longo tempo e elevados recursos financeiros à recuperação de sua condição original. Por esse motivo, uma das principais preocupações da agricultura atualmente está na utilização de manejo e práticas de conservação do solo, a fim de melhorar as condições dos sistemas agropecuários e a qualidade do solo. O uso racional do solo tem sido objeto de estudos e discussões em função da busca de alternativas tecnológicas que possibilitem o seu manejo adequado e, conseqüentemente, uma agricultura sustentável. Faz-se necessário implantar sistemas de manejo que contribuam com a qualidade do solo. A agroecologia e suas práticas conservacionistas podem contribuir com novos arranjos tecnológicos visando a qualidade dos recursos ambientais e a produção sustentável. A matéria orgânica do solo (MOS) é um de seus principais componentes: em associação com os componentes minerais contribuem na formação de agregados e na estruturação do solo. Os Sistemas Agroflorestais (SAF), por produzirem volumes consideráveis de MOS, têm sido amplamente divulgados como modelos de recuperação de pastagens e em lavouras de café sob manejo convencional.

**Palavras-chave:** Manejo Agroecológico. Recuperação de Áreas Degradadas. Sistema Agroflorestal Cafeeiro. Consórcio. Transição Agroecológica.

### 1. Introdução

De acordo com Ribaski; Radomski; Ribaski (2012), os sistemas agroflorestais (SAF) são formas de uso ou manejo da terra, nos quais se combinam espécies arbóreas (frutíferas e, ou, madeireiras) com cultivos agrícolas e, ou, criação de animais, de forma simultânea ou em sequência temporal, promovendo benefícios econômicos e ecológicos.

Esse modelo de produção se torna interessante para agricultores que buscam obter uma agricultura economicamente viável e sustentável, pois a interação de plantas no mesmo espaço/tempo contribui para utilização de áreas menores, podendo trazer um retorno financeiro satisfatório por unidade de área em comparação com sistemas convencionais de cultivo. Isto porque podem utilizar o mesmo local para cultivar espécies diferentes que vão contribuir como fonte de renda no curto, médio e longo prazo, podendo ser utilizadas também para subsistência, fornecendo ainda benefícios ecológicos e ambientais.

Esses sistemas contribuem para uma melhor cobertura do solo, favorecem o acúmulo de matéria orgânica, maior diversidade de microrganismos, maior absorção da água da chuva por conta das raízes mais profundas das árvores, que abastecem os lençóis freáticos e diminuem a lixiviação de nutrientes para córregos e rios.

Os SAF têm sido divulgados como modelos de exploração agrícola que contribuem muito para a sustentabilidade agrícola atual. Devido a grande preocupação com a sustentabilidade em todo o planeta Terra, os SAF são considerados como uma alternativa viável para atingir o desenvolvimento sustentável agrícola. Desta forma, os SAF passaram a fazer parte de diretrizes centrais de desenvolvimento rural sustentável, devido ao seu potencial de serem introduzidos em diversos tipos de solo, inclusive em áreas degradadas, reincorporando-as ao processo produtivo e minimizando, assim, o desmatamento sobre florestas primárias (RODRIGUES et al., 2015).

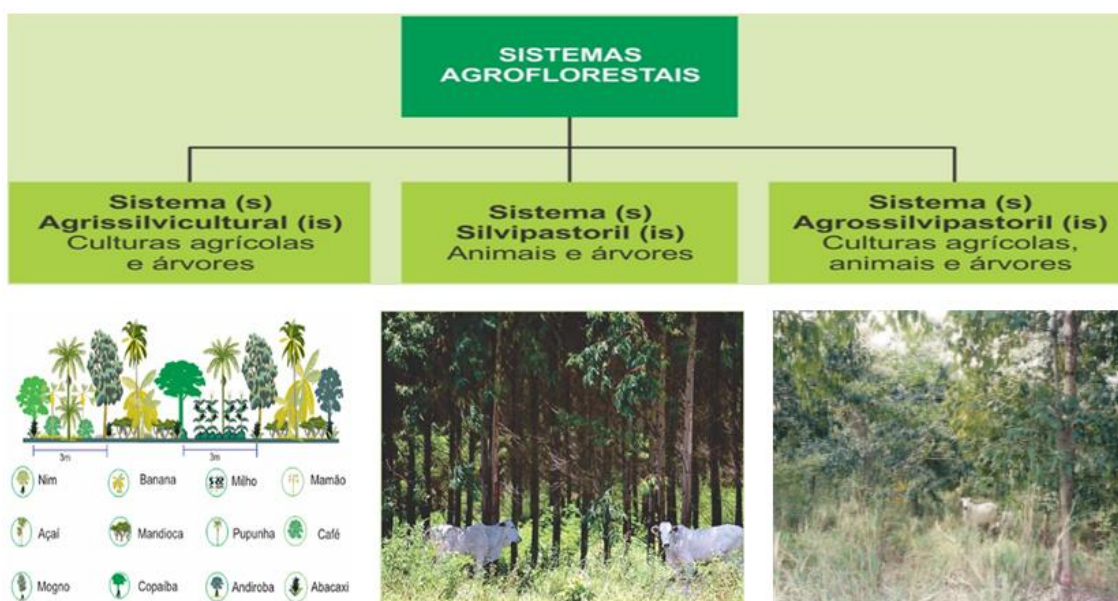
A importância da cultura do café na economia global como a segunda *commodity* mais comercializada é inquestionável. No entanto, segundo Partelli; Bonomo (2016), devido ao impacto ambiental produzido no processo produtivo convencional, o seu cultivo em SAF é uma alternativa viável para minimizar o processo de esgotamento e degradação do solo, devido à sua proteção, melhoria das suas condições físicas, químicas e biológicas, formando de um microclima favorável, com reflexos positivos na produtividade e na qualidade dos grãos de café, que contribui de maneira significativa na agregação de valor ao produto.

Este trabalho tem como intuito apresentar os benefícios sociais, econômicos e ambientais da produção da cultura do café manejada em SAF.

## 2. Sistemas agroflorestais (SAF)

Os SAF consistem em consórcios de culturas agrícolas com espécies arbóreas que podem ser utilizados para restaurar florestas e recuperar áreas degradadas. Essa tecnologia ameniza as limitações do terreno, minimiza riscos de degradação inerentes à atividade agrícola e aumenta a produtividade, contribuindo com a diminuição da perda de fertilidade do solo, no ataque de pragas e na incidência de doenças (RIGHI; BERNARDES, 2015).

Os SAF podem assumir categorias distintas de acordo com a combinação dos elementos componentes. São classificados em sistemas silviagrícolas, quando envolvem apenas o consórcio de espécies arbóreas e culturas agrícolas; silvipastoris, quando o consórcio de espécies ocorre entre espécies arbóreas e animais; e, agrossilvipastoris que envolvem o consórcio de espécies arbóreas, culturas agrícolas e animais (MARTINS, 2014) (Figura 1).



**Figura 1.** Categorias distintas de SAF de acordo com a combinação dos elementos-componentes. Fonte: REDE AGROECOLOGIA (2010).

No sistema agroflorestal agrícola, as espécies perenes contribuem com a renda do agricultor ao longo prazo; as espécies anuais promovem a segurança alimentar das famílias, agregando um ganho em produção na correlação área e tempo, estimula a biodiversidade, reduz riscos de prejuízos, distribui melhor a

renda durante o ano, melhora o aproveitamento da utilização de insumos, da mão de obra e, principalmente, proporcionam melhor proteção dos solos e auxiliam no controle de plantas espontâneas (FIDELIS et al., 2017).

Os SAF se tornam alternativas interessantes para pequenos agricultores do modelo de produção familiar que buscam obter uma exploração economicamente viável. A eficiência dos sistemas agroflorestais quanto à diversificação de renda e à recuperação de áreas degradadas são pontos que merecem mais discussão, haja vista os desafios de conciliação das demandas produtivas em relação à restauração ecológica (SILVA; FELIZMINO; OLIVEIRA, 2015; SOUZA, 2018).

Os SAF apresentam como principais vantagens, frente à agropecuária convencional, a fácil recuperação da fertilidade dos solos, o fornecimento de adubos verdes, o controle de ervas espontâneas, oferece uma alternativa para enfrentar os problemas crônicos de degradação ambiental generalizada, reduz o risco de perda de produção, induz o aumento da produção das frutíferas e da produção de carne bovina, atrelada ao bem estar dos animais (RIBASKI; RADOMSKI; RIBASKI, 2012; SOUZA, 2015; 2018).

### **3. Sistema agroflorestal cafeeiro**

A cultura do café pode ser conduzida a pleno sol ou sombreada. No Brasil, a maioria dos plantios de café é conduzida no sistema de monocultivo a pleno sol, graças ao melhoramento genético direcionado para a adaptação da planta a essas condições (MACHADO et al., 2020).

No entanto, tem havido a decomposição acelerada de matéria orgânica. É sabido que entre as propriedades físicas do solo por ela influenciadas, destaca-se a estrutura do solo, onde a melhoria de sua agregação altera positivamente a porosidade, reduzindo a densidade e a resistência do solo à penetração das raízes, aumentando a retenção de água e, conseqüentemente, disponibilizando uma maior quantidade de água para absorção pelas plantas. A fração orgânica, quando tem seu teor aumentado, melhora os atributos do solo fundamentais para o desenvolvimento vegetal, atuando como fonte de cargas elétricas para a retenção de nutrientes, evitando perdas por lixiviação; em alguns casos, atua também como fonte de nutrientes para as plantas (BRAIDA et al., 2011; SOUZA, 2018).

Por estas questões, o café consorciado com outras culturas vem ganhando espaço e sendo pesquisado: tanto do ponto de vista econômico, quanto o sustentável - devido ao aumento da preocupação com o solo, água, produtividade e com o meio ambiente. Devido à bienalidade da produção e à oscilação do mercado cafeeiro, o consórcio com outra cultura permite a geração de renda extra, por meio de produtos como madeira, frutos, forragem e óleos essenciais (MÜLLER, 2004; COELHO et al., 2010; SALES et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

Benefícios ecofisiológicos foram observados na cultura do café no consórcio com outras culturas, como a redução do estresse da planta (BOULAY; SOMARRIBA; OLIVIER, 2000); melhoria da fertilidade do solo (VAAST et al., 2006) e do microclima, por meio da diminuição da incidência da radiação fotossinteticamente ativa sobre a cultura do café causando a redução da velocidade do vento (PEZZOPANE et al., 2010); manutenção ou aumento da umidade do ar e do solo, melhoria ou conservação da fertilidade do solo, inclusive redução de erosão (CAMPANHA, et al., 2007; SOUZA; DAN; ARAÚJO, 2016).

Apesar dos benefícios, é constatada uma baixa produtividade de cafeeiros em sistemas sombreados resultante de uma série de fatores, tais como o excesso de sombreamento (MIRANDA et al., 1999); a utilização de espécies arbóreas impróprias e desfavoráveis e a desinformação sobre o manejo das árvores (ARCHANJO; JUNIOR; PEZZOPANNE, 2007); e da nutrição mineral em sistemas agroflorestais (JESUS, 2008).

Nannetti (2012) analisou o desenvolvimento e a produtividade do cafeeiro (cultivar Icatu-Vermelho, linhagem 2945) sob SAF em condições diferentes de sombreamento: próximo ao caule das árvores (sombreado); sob o meio das suas copas (meia sombra); e fora da copa (pleno sol). A área experimental estava localizada no município de Machado, região de montanha no sul de Minas Gerais, com a predominância de árvores de Jacarandá Paulista, (*Machaerium villosum* Vog., família Leguminosae-Papilionoideae), que propiciaram as diferentes condições de sombreamento para o cafeeiro.

De acordo com esse mesmo autor, em relação à produtividade do cafeeiro, foi possível constatar que o tratamento à meia sombra, sob o meio da copa dos jacarandás, obteve o melhor resultado: apresentou maior produtividade

em termos de volume, peso de grãos de café colhidos, mostrando, também, um melhor desenvolvimento da planta do cafeeiro, quando comparado aos tratamentos a pleno sol e plena sombra. Dessa forma, foi possível observar que os SAF com espécies arbóreas podem apresentar melhores produções em função do sombreamento parcial proporcionado ao cafeeiro.

Este resultado se deve provavelmente a uma melhor relação sombreamento/insolação à meia sombra, caracterizando uma boa distribuição do sombreamento. Embora o SAF apresente inúmeros fatores desejáveis ao desenvolvimento do cafeeiro, é observada baixa produtividade destes em sistemas muito sombreados. Por ser o cafeeiro uma planta C3, este realiza o máximo de fotossíntese sob luz difusa. Também, o processo produtivo desde a floração até a maturação é mais lento: implica em ser mais bem atendido pela produção de reservas sob condição de sombra (NANNETTI, 2012).

Segundo esse mesmo autor, a baixa produção do tratamento a pleno sol, mostra também o efeito da concorrência de gramíneas e plantas invasoras espontâneas: com maior luminosidade, tem um desenvolvimento mais intenso em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos sombreados estão mais protegidos, apresentando redução dos valores extremos de temperatura, proteção contra ventos e elevação da infiltração de água no solo. Há de se considerar, neste trabalho, o consórcio com Jacarandá Paulista deu uma condição favorável às relações solo-planta-ambiente, uma vez que este possui a característica semidecidual (perde as folhas durante um período do ano), favorecendo a incidência de luz quando o cafeeiro se prepara para a floração, além de gerar uma grande quantidade de matéria orgânica para o sistema.

#### **4. Principais culturas utilizadas no consórcio com o cafeeiro**

##### **4.1. Banana**

A bananeira (*Musa paradisiaca*) é uma espécie amplamente cultivada no Brasil e em países da América Latina e da Ásia - seja em monocultivo ou em consórcio com outras culturas, especialmente com o cafeeiro (SOUZA et al., 2010; RICE, 2011; KHUSNUL; PRIHATIN, 2020). A Figura 2 mostra um exemplo de sistema consorciado de café arábica (*Coffea arabica* L.) com banana da terra.



**Figura 2.** Consórcio de café arábica com banana da terra em propriedade rural do município de Domingos Martins, ES. Fonte: Arquivo pessoal Guilherme Andrião Trugilho (2021).

Diversos estudos têm apontado vantagens desse tipo de consórcio, principalmente do ponto de vista econômico. Uma das ferramentas utilizadas para essa avaliação é o cálculo do índice benefício/custo.

Esse índice é calculado a partir da receita bruta (obtida pela comercialização dos produtos oriundos do consórcio) dividida pelo custo operacional total de produção. Valores superiores a uma unidade indicam que a atividade é economicamente viável. Em experimento realizado no município de Ivinhema – MS, Souza; Dan; Araújo (2013) demonstraram a viabilidade econômica do consórcio cafeeiro com banana. O índice benefício/custo foi de 1,7 para o consórcio, resultado superior ao do café solteiro que foi de 1,3. Em estudo semelhante, realizado no município de Cachoeiro do Itapemirim - ES, Siqueira et al. (2020) avaliaram a rentabilidade de diversas culturas consorciadas ao cafeeiro. O consórcio do café com a banana obteve índice de 1,11, enquanto do café solteiro foi de 0,49. Nesse mesmo estudo, a produtividade do cafeeiro consorciado com a banana foi menor do que a do café solteiro; porém, a rentabilidade total obtida na comercialização da banana, tornou o consórcio viável economicamente. Todavia, Taques et al. (2019) encontraram menores valores de umidade no solo no consórcio de cafeeiro com banana, quando

comparado a outros consórcios com cafeeiro. Isso indica um potencial em competição por água entre as culturas, o que pode ocasionar queda na produtividade do cafeeiro.

#### 4.2. Pupunha

Estudos sobre o consórcio de cafeeiro com pupunha (*Bactris gasipaes*) apontam uma boa rentabilidade do sistema, que pode ser oriunda da produção diversificada e, ou, por um aumento na produtividade do cafeeiro, a depender da densidade de plantas e do espaçamento adotado no sistema (BRUM et al., 2007). A rentabilidade desse sistema foi evidenciada no estudo de Siqueira et al. (2020), que obteve o índice benefício/custo no consórcio de café com pupunha de 1,39, enquanto do café solteiro foi de 0,49. A Figura 3 apresenta um exemplo de sistema consorciado de café arábica e pupunha com aproximadamente dois anos de implantação.



**Figura 3.** Consórcio de café arábica com pupunha em propriedade rural no município de Muniz Freire, ES, novembro de 2020. Fonte: Arquivo Guilherme Andrião Trugilho (2021).

A produtividade do café no sistema consorciado com a pupunha também foi maior, sendo de 16,5 sacas por hectare, em relação à do café solteiro que foi de 11 sacas por hectare. Sistemas agroflorestais com pupunha podem conservar



maior umidade do solo e o teor de matéria orgânica, quando comparado ao monocultivo, o que favorece a produtividade do sistema (SOUZA et al., 2014).

### 4.3 Abacate

O abacateiro (*Persea americana*) é uma das espécies frutíferas mais recomendadas pelos produtores da região serrana do Espírito Santo para consórcio com o cafeeiro arábica. A Figura 4 mostra um exemplo de sistema agroflorestal composto por café arábica e abacate.

Dentre os benefícios relatados pelos produtores, estão a boa produtividade do abacateiro no sistema, redução de gastos com adubação e regulação do microclima na lavoura (BALDI; SALES; ARAÚJO, 2018). O abacateiro desponta também como uma das culturas mais recomendadas para SAF com cafeeiro na região da Zona da Mata Mineira, devido ao seu alto valor como alimento para as famílias e animais e como cultura comercial (SOUZA et al., 2010).

O abacateiro fornece sombra ao cafeeiro em crescimento e promove um melhor estabelecimento de mudas, evitando a luz solar direta e o efeito abrasador do sol. Entretanto, o excesso de sombra permanente pode comprometer a produtividade do café (GOVINDAPPA; ELAVARASAN, 2014).



**Figura 4.** Sistema agroflorestal com café arábica e abacate em propriedade rural do município de Domingos Martins, ES. Fonte: Arquivo Guilherme Andrião Trugilho (2021).

O sombreamento promovido pelo abacateiro pode melhorar os atributos microbiológicos do solo. Pavan et al. (2018) observaram um aumento da biomassa microbiana no solo do cafeeiro sombreado com abacateiro, quando comparado ao café cultivado a pleno sol. Isso ocorreu, possivelmente, em função das condições ambientais proporcionadas pelo sombreamento e da qualidade do material orgânico adicionado ao longo do tempo, o que favoreceu o desenvolvimento microbiano.

#### 4.4. Gliricídia e ingá

A gliricídia (*Gliricidia sepium*) é popularmente utilizada como árvore de sombra do cafeeiro em diversos países produtores nas Américas e na Índia. É uma espécie muito versátil, de rápido crescimento e capaz de se desenvolver em solos degradados e encostas íngremes (KHUSNUL et al., 2020).

Dentre os benefícios do cultivo do café sombreado com gliricídia, têm-se observado o aumento do teor de nitrogênio no solo e uma maior retenção de umidade no solo, quando comparado ao cultivo de café solteiro ou em consórcio com outras espécies, como a banana (TAQUES et al., 2019). Além desses benefícios, a melhoria na qualidade da bebida do café conilon (*Coffea canephora P.*) sombreado por gliricídia foi evidenciado por Souza; Almeida; Berilli (2019).

Estudos recentes têm investigado as propriedades de extratos oriundos da gliricídia e sendo comprovada a sua ação antimicrobiana (CHERIAN; THAMBI, 2019) e a eficiência no controle de pragas como a cochonilha do café (NUKMAL, 2017).

Outra espécie de interesse para o sombreamento do café é o ingá (*Inga edulis*). Dentre os benefícios demonstrados no cultivo dessa espécie como árvore de sombra, destacam-se o maior aporte de nitrogênio no solo e o potencial de redução de gases do efeito estufa com o sequestro de carbono atmosférico (HERGOUALC'H et al., 2012). Outro benefício ambiental foi demonstrado por Sepúlveda; Carrillo (2015) em um estudo nas terras altas de clima tropical úmido da Nicarágua, onde foi comprovado a redução da erosão do solo em sistemas agroflorestais com café, banana e ingá.

O ingá, ainda pode atuar no controle biológico de pragas do cafeeiro, pois atrai e oferece alimento alternativo, por meio de nectários, a potenciais inimigos

naturais de pragas causadoras da broca-do-café (REZENDE et al., 2011). A Figura 5 mostra um sistema agroflorestal diversificado com café, ingá e pupunha.



**Figura 5.** SAF diversificado com café, pupunha e ingá em propriedade rural do município de Muniz Freire, ES. Fonte: Arquivo Guilherme Andrião Trugilho (2021).

Há de se considerar: além da influência da matéria orgânica como componente da estrutura do solo e de sua relação com os nutrientes, a sua atuação em associação com os componentes minerais, a) contribui na formação de agregados e estruturação do solo, atuando diretamente em atributos deste como a porosidade, a aeração e a infiltração de água; b) aumenta a retenção de umidade, com reflexos no desenvolvimento das plantas, na população microbiana e também no controle dos processos erosivos; e c) contribui na incorporação de nutrientes como o nitrogênio, no aumento do efeito tampão do solo, no aumento da CTC e da atividade microbiana, na redução dos efeitos negativos do alumínio tóxico e na redução da adsorção de grupamentos fosfatos aos coloides dos solos (BRAIDA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2017; SOUZA, 2018).

Dessa forma, tanto a gliricídia quanto o ingá, podem conferir um aumento na produtividade do café conilon. Porém, é importante salientar que os custos com o manejo do sistema e o não aproveitamento dos produtos gerados, como

a madeira e o fruto no caso do ingá, pode comprometer a rentabilidade do sistema e tornar a atividade inviável economicamente (SIQUEIRA et al., 2020).

As diferentes espécies vegetais possuem propriedades específicas e características distintas no sistema consorciado ao cafeeiro. Caberá ao produtor optar pela espécie ideal conforme o objetivo desejado: seja aumentar a produtividade do cafezal, melhorar a qualidade do café, diversificar a produção e a renda ou promover a conservação do solo e do ambiente.

## **5. Recuperação de áreas degradadas sob o manejo de SAF**

Spitzcovsky (2012) afirma, de acordo com dados do Departamento de Florestas do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que o Brasil possui 140 milhões de hectares de áreas degradadas; ou seja, terras abandonadas que são mal utilizadas ou estão em processo de erosão. A recuperação de áreas degradadas por meio de SAF, na perspectiva agroecológica, pressupõe a potencialização da regeneração natural e da sucessão de espécies (FAVERO; LOVO; MENDONÇA, 2008).

A perda de habitat é considerada a maior ameaça à biodiversidade. Nesse sentido, a recuperação da cobertura florestal pode ser avaliada como uma das maiores contribuições para conservação da biodiversidade por meio da recuperação ativa ou passiva (CHEUNG et al., 2010; RODRIGUES et al., 2011; SOUZA, 2015; 2018).

Neste cenário, surgiu o *Triple Botton Line* (Tripé da Sustentabilidade)! Orienta, para que haja o desenvolvimento sustentável, esse deve ser: economicamente viável, por exemplo, quando ocorrem as criações de empreendimentos; ambientalmente correto, na interação de processos com o meio ambiente a fim de não causar danos irreversíveis; e socialmente justo para a sociedade em geral; por conseguinte, ocorrer a garantia e o alcance da sustentabilidade (OLIVEIRA, 2012).

A arborização com espécies para múltiplos usos que agregue valor à lavoura cafeeira se torna uma opção interessante à medida que pode minimizar alterações climáticas, funcionar como quebra-ventos, abrigo para inimigos naturais de pragas e ainda representam uma opção de ganho para o produtor (SOUZA et al., 2020).

De acordo com esses mesmos autores, a seleção de espécies florestais mais apropriadas para a consorciação e as interações entre as culturas são de fundamental importância para o aperfeiçoamento dos benefícios advindos da utilização em sistemas agroflorestais nas condições climáticas e edáficas.

O cultivo de espécies arbóreas pode significar renda adicional ou uma poupança de valores, que em um momento de renovação da lavoura ou de um problema climático como granizo ou seca pode ser utilizado. Por outro lado, o mercado consumidor procura e paga ágio por produtos advindos de sistemas de produção mais equilibrados, com menor uso de defensivos e que sejam ambientalmente sustentáveis (SOUZA et al., 2020).

O planejamento e a execução das ações de recuperação de uma área devem ser compreendidos como um processo contínuo (início, meio e fim) e dinâmico (vivo), pois pode demandar anos o cumprimento de suas ações, durante os quais muitos fatos certamente passarão por mudanças, por exemplo, o contexto político e social, modificações nas leis e algumas alterações no cronograma financeiro e de execução dos empreendimentos (URSULINO; AZEVEDO; AMARAL, 2010).

### **5.1. Estudo de caso: recuperação de pastagens e transição de sistema monocultivo de lavouras de café em SAF**

A transição do atual modelo agrícola para bases sustentáveis requer a implantação de sistemas agrícolas de base ecológica. Os SAF se apresentam como um caminho para a transição agroecológica, valorizando o conhecimento tradicional e permitindo a conservação ambiental.

A revegetação consiste no plantio localizado de espécies vegetais que foram suprimidas ou nunca ocorreram no local. O processo de recuperação almeja promover o equilíbrio químico, físico e biológico do ambiente degradado e dessa forma, devolver ao solo as condições de produtividade (SANTOS et al., 2011).

Os sistemas agroflorestais em lavouras de café vêm ganhando maior visibilidade e adeptos devido à constatação da melhoria da qualidade do solo, fonte de renda extra e fixação dos agricultores (as) no meio rural. O Sítio Gravel, localizado no Distrito de São Miguel do Caparaó, comunidade de São Felipe, no município de Guaçuí, ES, é um exemplo de sucesso de recuperação de

pastagens por revegetação e implantação de SAF em sistemas de monocultura de café arábica (*Coffea arabica* L.).

Em meados do ano de 1990, quando a propriedade rural foi adquirida, era constituída basicamente por 5 ha de área em estágio inicial de regeneração natural, 16 ha para pastejo animal e aproximadamente 3,5 ha de áreas destinadas ao monocultivo do café. Durante os anos de 1970 a 1999, a propriedade possuía pastagens degradadas e manejo intensivo com o monocultivo do café arábica.

Durante dez anos a propriedade foi utilizada apenas para fins de lazer, uma vez que a família residia no município de Vila Velha, ES. Em 2000, o proprietário, Sr. José Henrique Gravel, decidiu deixar o ritmo agitado da grande Vitória e ingressar em um novo projeto de vida; assim, mudou-se com sua família para o sítio. A partir do ano de 2000, a família iniciou o processo de recuperação das áreas de pastagens por meio de revegetação de espécies nativas e a transição dos sistemas monocultivos das lavouras cafeeiras para SAF (Figuras 6 e 7).



**Figura 6.** Monocultivo de café em 1970 (A); transição para SAF em 2000 (B); área de pastagem em monocultivo de café em 1998 (C); transição para SAF em 2018 (D). Fonte: Arquivo Sítio Gravel (1970; 1998; 2000; 2018).



**Figura 7.** Reestruturação de áreas de pastagem, em 1970 (A) para áreas com cobertura vegetal nativa, 2020 (B). Fonte: Arquivo Sítio Gravel (1970; 2020).

Atualmente, a propriedade possui cinco SAF totalizando uma área de 3,7 ha, com diversos arranjos e espécies arbóreas nativas, exóticas e frutíferas, além da mata nativa. Para a implantação dos primeiros SAF, o agricultor teve suporte de assessoria técnica e motivação da família para a consolidação e sucesso do empreendimento.

“As melhorias na qualidade do solo e na produção do café foram observadas após alguns anos da implantação do primeiro SAF em 2000, o que me motivou a realizar a transição das demais áreas de monoculturas do café com a implantação dos SAF e recuperação das pastagens. Além disso, tenho criação de abelhas sem ferrão para auxiliar a polinização das espécies vegetais” (*Relato do agricultor Sr. José Henrique Gravel, 2021*).

## 6. Considerações finais

Solos degradados de pastagens e de antigas lavouras de café nas regiões tropicais possuem elevado grau de intemperismo e baixa fertilidade: implica na dependência do conteúdo orgânico para potencializar seu papel sobre a nutrição e desenvolvimento das culturas. A fração orgânica, quando tem seu teor aumentado, melhora os atributos do solo fundamentais para o desenvolvimento vegetal, atuando como fonte de cargas elétricas para a retenção de nutrientes,

evitando perdas por lixiviação; em alguns casos, atua também como fonte de nutrientes para as plantas.

Entre as propriedades físicas do solo influenciadas pela matéria orgânica, destaca-se a estrutura do solo, onde a melhoria de sua agregação altera positivamente a porosidade, reduzindo a densidade e a resistência do solo à penetração das raízes, aumentando a retenção de água e, conseqüentemente, disponibilizando uma maior quantidade de água para absorção pelas plantas.

Contudo, a estabilização dos agregados depende do contínuo fornecimento de matéria orgânica ao solo, em quantidades suficientes para compensar a rápida perda de carbono orgânico pelo uso agropecuário dos solos. Além disso, solos de regiões tropicais, quando submetidos a altas temperaturas e umidade adequada, apresentam maiores taxas de decomposição da matéria orgânica: diminui o conteúdo de carbono orgânico do solo e, conseqüentemente, a estabilidade dos agregados - os SAF têm promovido o retorno dessa condição!

Por possuírem essas características, consistem em uma alternativa sustentável de restauração e recuperação de áreas degradadas por pastagens e monocultivos de lavouras cafeeiras: favorecem o aumento progressivo dos teores de matéria orgânica no solo dos sistemas agrícolas; colaboram com o sustento e o fornecimento da fertilidade do solo por meio da deposição de nutrientes advindos de resíduos culturais; proporcionam maior biodiversidade, maior aporte de biomassa ao solo, maior ciclagem e aporte de nutrientes; causam o aumento da cobertura do solo, promovendo melhorias nas características físicas e químicas, além de requerer menos insumos externos, contribuindo para reduzir a dependência do produtor.

Vários estudos vêm evidenciando o potencial dos SAF como geradores de bens e serviços de acordo com a premissa da sustentabilidade e responsabilidade social: os SAF se configuram importantes no contexto do “Tripé da Sustentabilidade” como uma alternativa viável no âmbito ambiental, social e econômico, consolidando-se como uma fonte de renda extra para o (a) agricultor (a).



## 7. Referências

- ARCHANJO, K. M. de A.; JUNIOR, W. C. de J.; PEZZOPANNE, J. E. M. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros em sistemas agroflorestais. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 2, n. 2, sep. 2007. ISSN 2236-7934. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/2410>. Acesso em: 27 set. 2021.
- BALDI, A.; SALES, E. F.; ARAÚJO, J. B. S. Espécies arbóreas em sistemas agroflorestais (SAF) com cafeeiros no estado do Espírito Santo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- BOULAY, M.; SOMARRIBA, E.; OLIVIER, A. Calidad de *Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. **Agroforestería en las Américas**, v. 7, p. 40-42, 2000.
- BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Ed.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.7, p. 221-278, 2011.
- BRUM, V. J.; AMARAL, J. A. T.; REIS, E. F.; JESUS JUNIOR, W. C.; MARQUES, P. C.; CAMPOS, L. P. A.; BREGONCI, I. S. Rentabilidade econômica comparativa de custos variáveis do sistema de café conilon com pupunha em sombreamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2007. 5 p.
- CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; de FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; JARAMILO-BOTERO, C.; GARCIA, S. L. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.
- CHERIAN, T.; THAMBI, M. Phytochemical investigation of the leaves of *Gliricidia sepium* and its antimicrobial properties. **The Pharma Innovation**, v. 8, n. 2, 2019.
- COELHO, R. A.; MATSUMOTO, S. N.; LEMOS, C. L.; de SOUZA, F. A. Nível de sombreamento, umidade do solo e morfologia do cafeeiro em sistemas agroflorestais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 095-102. jan./fev. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.25186/v15i.1606>. Acesso em: 27 set. 2021.
- ELKINGTON, J. **Sustentabilidade, canibais com garfo e faca**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2020. 233 p.
- FAVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de Área Degradada com Sistema Agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, p. 861-868, 2008.
- FIDELIS, R. R.; RAMOS, D. P.; TAVARES, T. C. O.; FERNANDES, P. S. M.; LIMA, H. V.; JÚNIOR, F. N. Culturas intercalares para a sustentabilidade da produção de pinhão manso na agricultura familiar. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 11, n. 2, p. 7-14, 2017.

GOVINDAPPA, M.; ELAVARASAN, K. Shade cum fruit yielding avocado under coffee ecosystem. **International Letters of Natural Sciences**. p. 61-66, 2014. Disponível em: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-702d1839-c430-4fa4-81d1-40bd0ceb4d39>. Acesso em: 20 out. 2021.

HERGOUALC'H, K.; BLANCHARD, E.; SKIBAE, U.; HÉNAULT, C.; HARMAND, J. M. Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 148, p. 102-110, 2012.

JESUS, J. **Atributos do solo e da nutrição do cafeeiro em sistema agroflorestal e monocultivo**. Piracicaba, 2008. 148 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2008.

KHUSNUL, K.; PRIHATIN, J. An Analysis of the utilization of Gamal Plant (*Gliricidia sepium*) as a shade for coffee plants. **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2020.

MACHADO, A. H. R.; PUIA, J. D.; MENEZES, K. C.; MACHADO, W. A cultura do café (*Coffea arabica*) em sistema agroflorestal. **Braz. J. Anim. Environ. Res.** Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1357-1369, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-053>. Acesso em: 25 set. 2021.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas**. 3 ed. Viçosa, MG, 2014. 264 p.

MIRANDA E. M.; PEREIRA R. C. A.; BERGO C. L. Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do Acre, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 62-69, 1999.

MÜLLER, J. S. **Sistemas agroflorestais com café (*Coffea arabica* L.) e Cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.) Bahadur) na Zona da Mata de Minas Gerais: Estudo de caso**. Viçosa, 2004. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, UFV, 2004. Disponível em: [http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8291/Dissertacao\\_Juliana%20Sialino%20Muller.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8291/Dissertacao_Juliana%20Sialino%20Muller.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 27 set. 2021.

NANNETTI, A. N. Productivity of coffee trees in agroforestry system. 2012. 38 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Jose do Rosario Vellano, Alfenas, 2012. Disponível em: <http://tede2.unifenas.br:8080/jspui/handle/jspui/55>. Acesso em: 02 maio 2022.

NUKMAL, N. Insecticidal Effects of the Flavonoid-rich Fraction of Leaves Extract of Gamal (*Gliricidia sepium*) on the Coffee Mealybugs (*Planococcus citri* Risso.). **Annual Research & Review in Biology**, n. 4, p. 1-9, 2017.

OLIVEIRA, K. J. B. de; LIMA, J. S. S. de.; AMBRÓSIO, M. M. de Q.; NETO, F. B. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n.1, p.23-33, mar. 2017.

OLIVEIRA, L. R.; MEDEIROS, R. M.; TERRA, P. B.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Produção**. v. 22, n. 1, p. 70-82, 2012.

PARTELLI, F. L.; BONOMO, R. **Café conilon: o clima e o manejo da planta**. Alegre, Espírito Santos, Brasil: Caufes, 2016, 176 p.

PAVAN, B. S.; MELLONI, R.; ALVARENGA, M. I. N.; FERREIRA, G. M. R. Sistema agroflorestal cafeeiro-abacateiro e seus efeitos na qualidade do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1917-1925, 2018.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M. de; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000098>. Acesso em: 25 set. 2021.

REDE AGROECOLOGIA. In: JACQ, C; DOLCI, M.; DELHAYE, F. Desenvolvimento Sustentável e Sistemas Agroflorestais na Amazônia mato-grossense. **Revista Franco-Brasileira de Agroecologia**, n. 10, 2010. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/6778#bibliography>. Acesso em: 15 mar. 2021.

REZENDE, M. Q.; PEREZ, A. L.; JANSSEN, A.; VENZON, M. 11781 - Uso do ingá (*Inga subnuda*) em cafeeiros sob sistemas agroflorestais pode diminuir os danos causados pelas principais pragas do café? **Cadernos de Agroecologia**. v. 6, n. 2, 2011. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/11781>. Acesso em: 22 out. 2021.

RIBASKI, J.; RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, S. A. G. Potencialidade dos sistemas silvipastoris para a produção animal sustentável no Brasil. In: **Anais... II CONGRESO COLOMBIANO Y 1er Seminario internacional de silvopastoreo**, 2012, Medellin. II Congreso colombiano y 1er seminario internacional de silvopastoreo. Medellin, 2012.

RICE, R. A. Fruits from shade trees in coffee: how important are they? **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 83, p. 41-49, 2011.

RICHETTI, A.; MOTTA, I. de S.; MARIANI, A. Competitividade econômica da produção de café em sistema agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2013.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. **Cadernos da disciplina sistemas agroflorestais**. [S.l: s.n.], 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Cadernos-da-Disciplina-SAF-pd>. Acesso em: 15 set. 2021.

SALES, E. F.; BALDI, A.; ALVEZ, J. P. Evaluation of Conilon coffee productivity intercropped with Ambarella (*Spondias dulcis* Parkinson). **Coffee Science**, e151606, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.25186/v15i.1606>. Acesso em: 27 set. 2021.

SANTOS, D. F.; GOIS, L. A.; GOMES, W. C. A.; OLIVEIRA, N. M. G. A. O Meio Físico na Recuperação de Áreas Degradadas. **Revista da Ciência da Administração**. Versão eletrônica v. 4, 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/14986970-O-meio-fisico-na-recuperacao-de-areas-degradadas.html>. Acesso em: 01 out. 2021.

SEPÚLVEDA, R. B.; CARRILLO, A. A. Soil erosion and erosion thresholds in an agroforestry system of coffee (*Coffea arabica*) and mixed shade trees (*Inga* spp and *Musa* spp) in Northern Nicaragua. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 210, p. 25-35, 2015.

SILVA, D. D. E.; FELIZMINO, F. T. A.; OLIVEIRA, M. G. Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de Tavares, PB. **Revista HOLOS**. v. 8, p.148-165, 2015.

SIQUEIRA, H. M.; SENNA, D. S.; ARAÚJO, J. B. S.; SILVA, M. W.; TURBAY, E. R. M. G. análise econômica de consórcios do cafeeiro conilon com espécies perenes e florestais no sul do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 5, p. 222-235, 2020.

SOUZA, G. S.; ALVES, D. I.; DAN, M. L.; ARAÚJO, J. B. S.; MUNER, L. H. Café conilon em sistemas agroflorestais e seu efeito nos atributos do solo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL, 3., 2014, Vitória. **Anais...** Disponível em: [https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2069/1/BRT-cafeconilonemsistemas\\_agroflorestais.pdf](https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2069/1/BRT-cafeconilonemsistemas_agroflorestais.pdf). Acesso em: 20 out. 2021.

SOUZA, G. S.; DAN, M. L.; ARAÚJO, J. B. S. Qualidade física do solo sob cafeeiro conilon consorciado e em monocultivo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 180-186, 2016.

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, J. M.; GARCIA F. C. P.; BONFIM, V. R.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, A. F.; MENDONÇA, E. S. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. **Agroforest Systems**. v. 80, p. 1-16, 2010.

SOUZA, I. I. de M.; ARAÚJO, E. da S.; JAEGGI, M. E. P. C.; SIMÃO, J. B. P.; ROUWS, J. R. C.; SOUZA, M. N. Effect of Afforestation of Arabica Coffee on the Physical and Sensorial Quality of the Bean. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 42, n. 7, p. 133-143, 2020.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p.

SOUZA, T. S.; ALMEIDA, R. N.; BERILLI, S. S. Efeito do sombreamento na qualidade da bebida de café conilon cultivado em sistemas consorciados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-6, 2019.

SPITZCOVSKY, D. **Áreas degradadas no Brasil equivalem a duas França**s. São Paulo, 12 de julho de 2012. Disponível em: <https://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/areas-degradadas-brasil-92502.shtml>. Acesso em: 11 set. 2021.

TAQUES, C. T.; PADOVAN, M. P.; MAIA I. F.; BRESSAN JR., A.; MARQUES N. B.; MILHEIROS, I. S. Caracterização da umidade do solo em café sombreado com gliricídia, banana e ingá comparado com café em pleno sol. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/ojs/index.php/SimposioCafe2019/article/view/92/29>. Acesso em: 20 out. 2021.

URSULINO, D. M. A.; AZEVEDO, L. R. P.; AMARAL, P. G. Q. Aspectos didáticos e metodológicos de dois estudos de caso: uma discussão acerca da elaboração de um plano de recuperação de áreas degradadas. *In*: **Anais...** VIII Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 2010, Guarapari, ES.

VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GENARD, M. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 197-204, 2006. Disponível em: <https://doi-org.ez120.periodicos.capes.gov.br/10.1002/jsfa.2338>. Acesso em: 25 set. 2021.

WADT, P. G. S. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. **Embrapa Acre-Documentos (INFOTECA-E)**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

## **Autores**

Eloisio de Oliveira Martins, Guilherme Andrião Trugilho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Maurício Novaes Souza\*

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES, Brasil.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

---

## Fungos micorrízicos arbusculares (FMA): alternativa agroecológica para recuperação biológica dos solos degradados

Lucas Henrique Cortat, Danillo Sartório Rangel, José Carlos Lambert, João Paulo Andrade Gomes, Maria Amélia Bonfante da Silva, João Sávio Monção Figueiredo, Otávio Pereira Araujo, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c5>

### Resumo

A estrutura do solo tem grande influência na sustentabilidade do ecossistema e no crescimento das plantas: a maioria das espécies se encontra associada a determinados fungos de solo numa simbiose mutualística. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são um importante grupo funcional da microbiota do solo, amplamente distribuídos em agroecossistemas tropicais e extremamente importantes para o desenvolvimento de culturas agrícolas, principalmente quando cultivadas em solos pobres. Com a intensa atividade agrícola em sistema convencional de cultivo, em que o solo é periodicamente revolvido para plantio, além da entrada de agroquímicos, tem-se uma queda natural da capacidade de colonização do micobionte na rizosfera. Conseqüentemente, também há queda na produção das culturas. A inoculação de FMA é uma alternativa agroecológica para recuperação biológica dos solos degradados, desde que acompanhada de manejo que contribua para sua nova colonização e resulte na melhoria do estado nutricional e na utilização dos nutrientes pelas plantas hospedeiras, diminuição do estresse biótico e abiótico. Este capítulo enfoca os FMA, sua associação simbiótica com as raízes das plantas, denominada de micorrizas arbusculares (MA), e sua importância como estratégia disponível para a agricultura ecológica, econômica e social.

**Palavras-chave:** *Glomeromycota*. Micorriza. Microbiota. Agroecologia. Simbiose

### 1. Introdução

Quando as plantas surgiram na superfície terrestre há quase 500 milhões de anos, o solo já era habitado por fungos (REDECKER; KODNER; GRAHAM, 2000). Deste encontro surgiu uma associação simbiótica entre os dois organismos: as micorrizas, que significa literalmente “fungo de raiz” - expressão introduzida em 1885 pelo botânico alemão Albert Bernard Frank, e as raízes das

plantas (MARTIN; SCHWAB, 2013).

Descrita como a coexistência de fungos com as raízes das plantas vasculares, acredita-se que essa simbiose tenha contribuído para a ocupação do ambiente terrestre pelas plantas vasculares (LANFRANCO; BONFANTE; GENRE, 2016). Caracterizada por trocas recíprocas, essa interação é mutuamente benéfica, em que o fungo fornece nutrientes minerais do solo para a planta por intermédio de suas hifas e, em troca, recebe compostos com carbono (C), fixado via processos fotossintéticos pelo simbiote autotrófico (SMITH; READ, 2008).

As micorrizas arbusculares (MA) são as mais comuns micorrizas da natureza, sendo encontradas na maioria dos ecossistemas terrestres, desde os polares até os tropicais úmidos ou desérticos (SAGGIN JÚNIOR; DA SILVA, 2006). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pertencem ao filo Glomeromycota<sup>10</sup> e as micorrizas arbusculares (MA) são formadas por aproximadamente 80% de espécies de plantas vasculares em todos os principais biomas terrestres (SMITH et al., 2010). Os FMA podem ser considerados um bioinsumo<sup>11</sup>.

No Brasil ainda não é consenso a denominação de um único termo para se referir aos bioinsumos, adotando-se como sinônimos os termos produto biológico, bioproduto, produto de base biológica ou ainda quando se faz menção direta a um produto específico como bioinseticidas, biofertilizantes, inoculantes, entre outros. Desta forma, considerando aspectos econômicos e científicos, o governo brasileiro vem normatizando os bioinsumos (VIDAL; SALDANHA; VERISSIMO, 2020).

No entanto, somente em 2020 o Governo Federal publicou um decreto que trata única e exclusivamente dos bioinsumos. Trata-se do Decreto N° 10.375, de 26 de maio de 2020, instituiu o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos, sob

---

<sup>10</sup> É um filo do reino Fungi. Todos os representantes dessa divisão se reproduzem assexuadamente formando Glomerosporos como estruturas reprodutivas. Caracterizam-se por formar associação com raízes da maioria das famílias de plantas.

<sup>11</sup> Um insumo, para ser reconhecido como bioinsumo, precisa demonstrar modificações na fisiologia das plantas, tornando-as mais eficientes no uso de recursos do ambiente como água e nutrientes, ou na proteção contra agentes nocivos.

responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (BRASIL, 2020).

A finalidade do decreto é ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos no país para beneficiar o setor agropecuário, estabelecendo normas e diretrizes.

O Art. 2º define bioinsumo como:

“O produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos” (BRASIL, 2020).

Os FMA ocupam um nicho ecológico vital para o equilíbrio ambiental em terras nativas ou cultivadas, desempenhando um papel significativo nos ecossistemas vegetais controlando a aptidão e a competitividade dos indivíduos vegetais em suas comunidades micorrízicas (BÜCKING; MENSAH; FELLBAUM, 2016). As MA são um componente chave da microbiota do solo (GAI et al., 2015), desenvolvendo uma relação simbiótica com as raízes da maioria das espécies de plantas que podem melhorar significativamente a resistência das mesmas aos diversos estresses bióticos e abióticos (LATEF et al., 2016).

A sustentabilidade da produção agrícola está ligada aos efeitos benéficos dos FMA, principalmente com relação à absorção de fósforo (P), minimizando o uso deste fertilizante, um elemento não renovável e finito (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006). A baixa disponibilidade de fosfato é um fator que restringe o crescimento e o metabolismo das plantas em muitos solos em todo o mundo, devido sua baixa solubilidade e mobilidade; portanto, o manejo apropriado para aumentar a eficiência do uso de P e minimizar os danos ao meio ambiente é de importância estratégica para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável (GAI et al., 2015).



Os solos brasileiros possuem baixos teores de P, além de alta capacidade de fixação deste nutriente. Desse modo, uma alternativa que vem sendo estudada com êxito em algumas culturas para melhoria da nutrição fosfatada é o manejo de populações de fungos micorrízicos arbusculares (CRUZ et al., 2017). Os FMA têm amplo espectro de hospedeiros, entre eles o café, soja, milho, batata-doce, mandioca, cana-de-açúcar, além de várias essências florestais e frutíferas brasileiras (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

O presente trabalho é uma revisão de literatura sobre os fungos micorrízicos arbusculares, abordando as características gerais e a importância para uma agricultura sustentável.

## **2. Fungos micorrízicos arbusculares**

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são microrganismos chave que compõe grande parte da biomassa microbiana dos solos cultivados. Cerca de 80% das plantas se associam simbioticamente com estes fungos que são notadamente importantes agentes de melhoria da qualidade do solo e do desempenho de culturas.

### **2.1. Associação simbiótica**

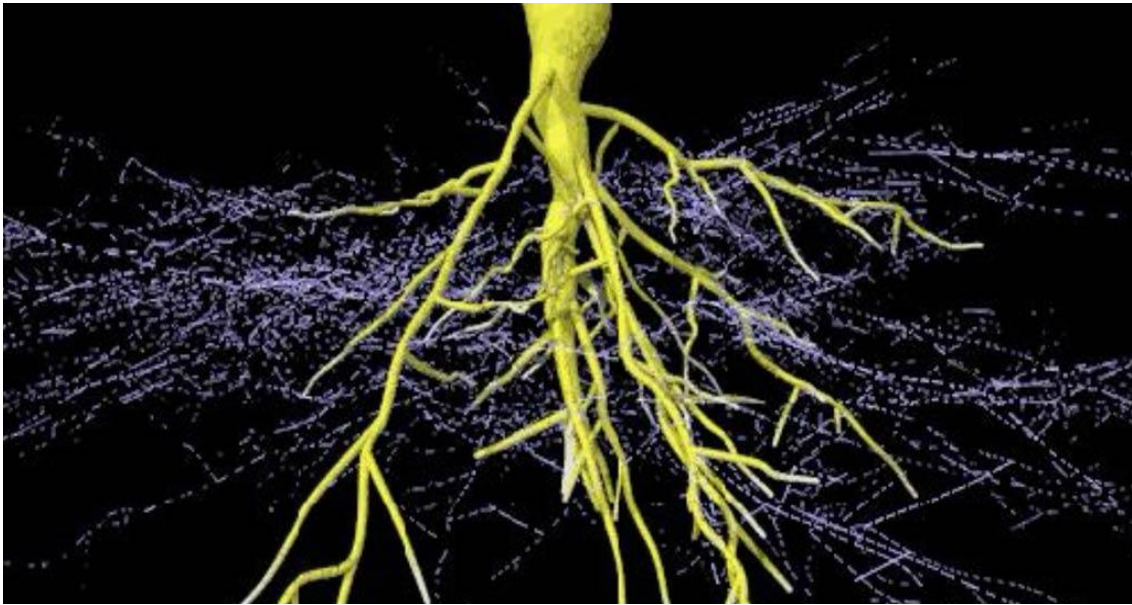
A simbiose é definida como uma relação onde ocorrem alterações morfológicas em benefício dos organismos envolvidos, isto é, do fotobionte (planta) e do micobionte (fungo). A associação entre o fungo micorrízico e as raízes das plantas é simbiótica, pois os organismos coexistem em um mesmo ambiente físico: raiz e solo, e mutualística nutricional, porque, em geral, ambos os simbioses se beneficiam da associação (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

A capacidade de criar uma “ponte” entre o solo e a planta, é a função mais importante dos fungos micorrízicos, pois, melhoram a capacidade das raízes das plantas de penetrarem no solo aumentando o fluxo de água e nutrientes do solo para a planta e em compensação recebem carboidratos oriundos do processo fotossintético da planta (MERGULHÃO et al., 2014).

As etapas críticas em uma simbiose são o reconhecimento mútuo e o estabelecimento de uma associação íntima, que envolve a penetração de tecidos

vegetais e, em muitos casos, a invasão de células hospedeiras individuais pelo simbionte microbiano (REINHARDT, 2007).

A simbiose é possível graças ao fato de o fungo produzir hifas intra e extra radiculares capazes de absorver elementos minerais do solo e transferi-los ao ambiente radicular, onde são absorvidos (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006) (Figura 1).

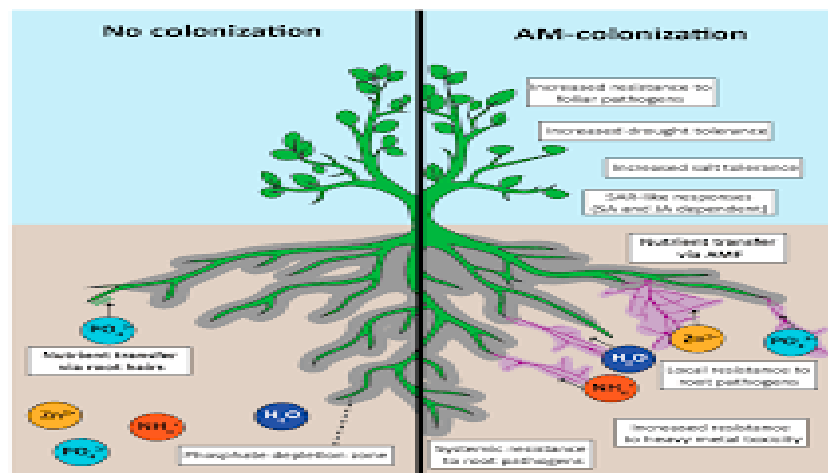


**Figura 1.** Hifas funcionando como extensão das raízes das plantas. Fonte: <https://institutoagro.com.br/micorrizas> (2022).

As hifas funcionam como extensão das raízes das plantas, devido sua grande capacidade de ramificação explorando o solo, realizando absorção de água e nutrientes minerais que são transferidos para as plantas através estruturas intracelulares, denominadas arbúsculos (HOFFMANN; LUCENA, 2006).

A associação MA se inicia quando um esporo ou uma hifa de fungo do solo responde à presença de um estímulo liberado pela raiz, crescendo em direção à luz, estabelecendo contato e crescendo ao longo de sua superfície (VALADARES; MESCOLOTTI; CARDOSO, 2016) (Figura 2). Logo, a rizosfera pode ser definida como uma área de íntimo contato entre microrganismos e raízes de plantas, região onde existe a liberação de diferentes exsudados

orgânicos que estimulam o crescimento de comunidades microbianas presentes no solo (ROMAGNOLI; ANDREOTE, 2016).



**Figura 2.** Planta colonizada e não colonizada. Fonte: [www.wikiwand.com/pt/Micorriza\\_arbuscular](http://www.wikiwand.com/pt/Micorriza_arbuscular) (2021).

Após a fixação física do simbionte fúngico à superfície da raiz, ocorre a germinação do esporo e a planta prepara as células epidérmicas para a penetração do fungo, ajudando ativamente a colonização de suas raízes pelo simbionte, em vez de apenas tolerá-los (REINHARDT, 2007). O estabelecimento e persistência de FMA no campo é representada pela germinação de esporos, que é afetada por diferentes fatores relacionados ao solo, como pH, conteúdo de nutrientes, temperatura, bactérias e pesticidas (GIOVANNINI et al., 2020).

Percebe-se que os FMA não possuem especificidades quanto a hospedeiros: cada espécie vegetal pode possuir interações diferentes, quando associada a diversos FMA, ainda que, submetidos às mesmas condições ambientais (MIRANDA, 2017); ou seja, uma espécie vegetal pode formar associação micorrízica com as mais diversas espécies de solo-planta (CAVALCANTE; GOTO; MAIA, 2009).

## 2.2. Absorção e mobilização

Fungos micorrízicos arbusculares constituem parte significativa da biomassa microbiana do solo e estão envolvidos diretamente em processos essenciais da interface solo-planta (RODRIGUES; BARROSO; FIQUEIREDO,

2018). Formam associações simbióticas com várias espécies arbóreas, sendo o principal efeito da associação o aumento no crescimento da planta, pelo aumento da absorção de nutrientes, especialmente os menos móveis, tais como o P, Cu, Mg e Zn (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

Em solos muito intemperizados e oxidicos, predominantes em ecossistemas tropicais, as associações micorrízicas são cruciais para o aumento da absorção de fósforo (P), principalmente devido à baixa mobilidade deste elemento e seu caráter limitante para a produção agrícola (VALADARES; MESCOLOTTI; CARDOSO, 2016).

Segundo Barros et al. (1995), a espécie vegetal eficiente na utilização de nutrientes é aquela capaz de sintetizar o máximo de biomassa e superfície de aquisição de recursos por unidade de nutriente absorvido. Dentre os vários mecanismos e processos na planta que contribuem para o uso eficiente de nutrientes, a interação dos fungos micorrízicos com as espécies vegetais, proporciona vários benefícios, além de aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas por meio da expansão do sistema radicular no solo (BRAHMAPRAKASH; SAHU, 2012).

Rodrigues; Barroso; Figueiredo (2018) avaliaram o efeito da inoculação de fungos micorrízicos sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de *Tectona grandis* em solo não esterilizado. Os tratamentos microbiológicos foram: 1) Testemunha (sem inoculação); 2) Inóculo de *Rhizophagus clarus*; 3) Inóculo obtido de plantio de teca do Mato Grosso (inóculo MT); e 4) Inóculo nativo de Campos dos Goytacazes (inóculo de Campos).

O experimento foi realizado na casa de vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ. A inoculação da micorriza na teca foi realizada mediante a adição do inóculo sobre o substrato de cultivo (a 5% do volume) na ocasião do transplante das plântulas para vasos de 6 dm<sup>3</sup>.

Aos 135 dias após o plantio (DAP), as plantas foram avaliadas quanto à altura, diâmetro do colo e biomassa seca do caule, folhas e raízes. A mostra de raízes foi também analisada quanto a colonização micorrízica.

Os incrementos no percentual de colonização micorrízica sobre a testemunha (colonização natural = 45%), foram de 113%, 93% e 93% com a inoculação de *Rhizophagus clarus*, inóculo MT e inóculo de Campos,

respectivamente, indicando que a inoculação de FMA nas plantas em estudo, foi efetiva.

Comparativamente aos valores observados na testemunha, a inoculação de FMA nativo de Campos proporcionou incrementos significativos de 68%, 109% e 25%, respectivamente, na biomassa do caule, biomassa das raízes e diâmetro do colo das mudas. Na biomassa foliar e na altura das plantas, o maior incremento foi observado com a inoculação do isolado de *Rhizophagus clarus*, sendo 80% e 45%, respectivamente.

A inoculação com os FMA proporcionou aumentos significativos na eficiência de utilização de nutrientes nas folhas e nas raízes da teca. Nas folhas, a inoculação com o *Rhizophagus clarus* aumentou a eficiência de utilização de P, S e K em 268%, 84% e 74%, respectivamente. O FMA de Campos aumentou em 80% a eficiência de utilização de K nas folhas.

Nas raízes, a inoculação com FMA de Campos proporcionou incremento de 90%, 102% e 108% na eficiência de utilização de K, S e P, respectivamente. A inoculação com *Rhizophagus clarus* aumentou P e K em 99% e 95% nas raízes, respectivamente.

Por fim, a inoculação de FMA proporcionou maior eficiência na utilização de nutrientes, principalmente de P. FMA beneficiam melhor as espécies quando esses se encontram em substratos com baixos teores de P (SAGGIN JR.; SIQUEIRA; SIQUEIRA, 1996).

### **2.3. Evolução**

As micorrizas surgiram há cerca de 400 milhões de anos, período em que coincide com o aparecimento das plantas terrestres, compreendido entre 462 e 352 milhões de anos, segundo estudos realizados em raízes fossilizadas (MOREIRA, 2006).

As micorrizas representam uma variedade de associações. Nos estudos de Frank em 1885 essas associações podem ser agrupadas de acordo com sua morfoanatomia em: ectotróficas e endotróficas, termos não mais utilizados. Atualmente, os grupos ou tipos podem variar de acordo com o autor, mas a tendência é a categorização em sete tipos distintos, listados e caracterizados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Principais características diferenciais dos tipos de micorrizas.

Característica	Arbuscular	Ecto <sup>1</sup>	Ectendo <sup>2</sup>	Arbutóide	Monotropóide	Ericóide	Orquídoide
1. Fungo							
Septado	-	+	+	+	+	+	+
Asseptado	+	-	-	-	-	-	-
2. Colonização							
Intracelular	+	-	+	+	+	+	+
Hifas enroladas	+/-	-	+	+	-	+	+
Rede de Hartig	-	+	+	+	+	-	-
Vesículas	+/-	-	-	-	-	-	-
Arbúsculos	+	-	-	-	-	-	-
3. Manto fúngico	-	+	+/-	+/-	+	-	-
4. Plantas com clorofila	+	+	+	+/-	-	+	+/-
5. Alteração da raiz	-	+	+	+	+	-	-
6. Especificidade	-	+/-	+	+	+	+	+
7. Predominância	Cosmopolita	Temperado	Temperado	Temperado	Temperado	Heathland	Temp <sup>3</sup> /Trop <sup>4</sup>
8. Classificação do fungo	Zígo <sup>5</sup>	Basi <sup>6</sup> /Asco <sup>7</sup>	Basi/Asco	Basi	Basi	Asco	Basi
9. Classificação da planta	Gim <sup>8</sup> /Arg <sup>9</sup>	Gim/Ang	Gim/Ang	Ericales	Monotropa	Ericales	Orquidaceae

<sup>1</sup>Ectomicorriza; <sup>2</sup>Ectendomicorriza; <sup>3</sup>Temperado; <sup>4</sup>Tropical; <sup>5</sup>Zigomiceto (atualmente proposto a divisão Glomeromycota); <sup>6</sup>Basidiomiceto; <sup>7</sup>Ascomiceto; <sup>8</sup>Gimnosperma; <sup>9</sup>Angiosperma.

Fonte: Adaptado de Moreira (2006).

As micorrizas mais comuns são as endomicorrizas e se dividem em 3 tipos distintos, sendo que os tipos ericóide e orquídoide ocorrem apenas nas famílias

*Ericaceae* e *Orquidaceae*, respectivamente; e o terceiro tipo, as micorrizas arbusculares (SILVEIRA, 1992), formadas por fungos que desenvolvem uma estrutura intensamente ramificada – os arbúsculos, formados a partir de hifas que penetram as células da raiz vegetal acumulando glicogênio e lipídios (BACK; ALTMANN; DE SOUZA, 2016).

Análises morfológicas e moleculares resultaram em avanços importantes na organização taxonômica do filo *Glomeromycota*, os quais são conhecidos por micorriza arbuscular (OEHL et al., 2011). Os fungos micorrízicos arbusculares continuam com status de filo: *Glomeromycota*, com 3 classes: *Glomeromycetes*, *Archaeosporomycetes* e *Paraglomeromycetes*, 5 ordens: *Glomerales*, *Diversisporales*, *Archaeosporales*, *Paraglomerales* e *Gigasporales*, 16 famílias, 44 gêneros e 317 espécies oficialmente descritas (GOTO; JOBIM, 2021).

Os FMA são assexuados e o modo de formação dos esporos distingue as famílias e os gêneros. Técnicas moleculares como o PCR-RL tem possibilitado revelar diversidade genética considerável e inesperada, considerando que os FMA se reproduzem assexuadamente. O desenvolvimento dos esporos ocorre por embriogênese somática e o micélio vegetativo não é geneticamente homogêneo, pois é multinucleado. Os esporos assexuais produzidos podem ser contados e servem de base para análise quantitativa das populações (MOREIRA, 2006).

A endossimbiose formada entre o fungo *Geosiphon pyriformis* e cianobactérias tem sido apontada como uma das possíveis origens da simbiose micorrízica, principalmente porque este fungo apresenta morfologia, estrutura e função próximas às dos fungos MAs, inclusive quanto ao fornecimento de P e ao papel regulador deste elemento sobre a simbiose. (SCHÜßLER; SCHWARZOTT; WALKER, 2001), confirma a relação evolutiva entre esses simbiossiontes.

#### **2.4. Caracterização morfológica**

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos biotróficos obrigatórios, que se associam com raízes de plantas vasculares, formando uma relação simbiótica mutualista (SOUZA et al., 2010).

Quase todas as plantas utilizam de alguma associação mutualística com fungos. Sem auxílio, os pelos radiculares dessas plantas, não são capazes de

absorver água ou nutrientes necessários para manter o crescimento. Muitos são os gêneros de fungos capazes de formar associação com plantas; entretanto, existem diferentes graus de especificidade fungo-planta existindo uma compatibilidade diferenciada entre as espécies de fungos micorrízicos do solo e as variações nas características genéticas do hospedeiro determinando, dessa forma, a dependência micorrízica (CANTON, 2012).

Uma micorriza arbuscular é composta basicamente por 3 componentes: raízes, estruturas fúngicas (arbusculos, esporos e vesículas) e micélio extra radicular (VALADARES; MESCOLOTTI; CARDOSO, 2016). O diâmetro das hifas dos fungos é muito menor comparado ao das raízes vegetais, que varia entre 2–20  $\mu\text{m}$ , possuindo uma ou duas ordens de grandeza mais estreitas que as raízes (SMITH et al., 2010).

Portanto, as hifas proporcionam às plantas com micorrizas arbusculares o acesso a poros do solo de reduzido diâmetro, inacessíveis às raízes, aumentando o fornecimento de água e outros nutrientes que ficam retidos quando o solo seca ou fica mais compacto (SAMPAIO, 2012).

Entretanto, essas raízes são infectadas por fungos, formando uma associação chamada micorriza. As micorrizas podem ser ectomicorrizas, em que o fungo se enrola à raiz, mas não penetram; endomicorrizas ou micorrizas arbusculares, nas quais as hifas do fungo entram na raiz e penetram a parede celular das células radiculares formando estruturas arbusculares, dentro da parede celular, mas fora da membrana plasmática (SADAVA et al., 2009).

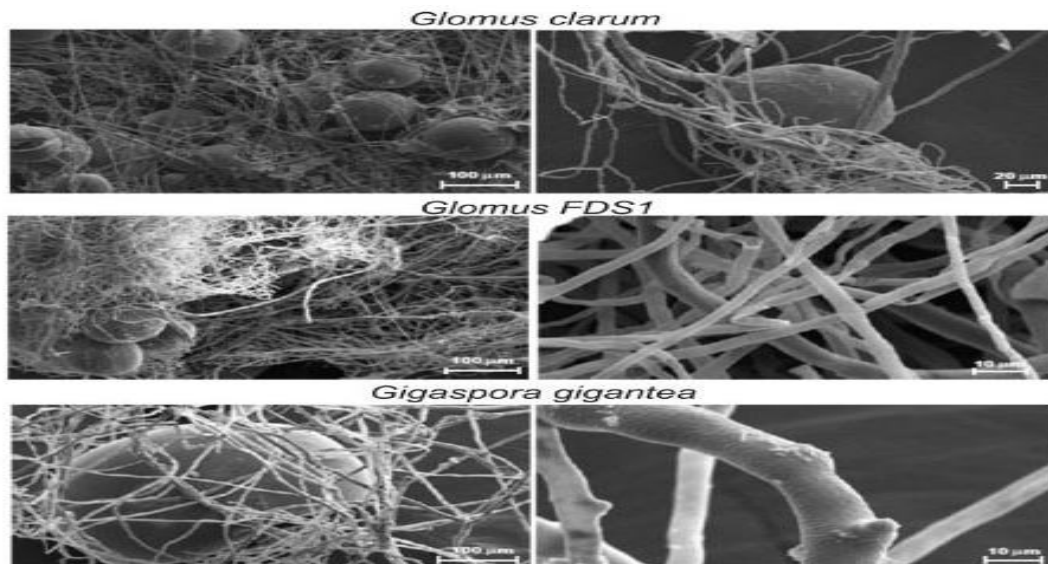
As associações ectomicorrízicas possuem elevada especificidade com o hospedeiro, sendo um mecanismo governado por uma interação genética entre o fungo e a planta hospedeira (BERTOLAZI et al., 2010) (Figura 3).

Os fungos micorrízicos arbusculares se associam mutualisticamente com o sistema radicular de plantas superiores (BARBOSA, 2013). Muitos são os gêneros de fungos capazes de formar associação com plantas. Entretanto, existem diferentes graus de especificidade fungo-planta existindo uma compatibilidade diferenciada entre as espécies de fungos micorrízicos do solo e as variações nas características genéticas do hospedeiro determinando, dessa forma, a dependência micorrízica (CANTON, 2012).

A formação de ectomicorrizas no campo depende de vários fatores ambientais, tais como: disponibilidade de nutrientes, pH do solo, temperatura,



disponibilidade de água, aeração, intensidade luminosa, fisiologia da planta hospedeira, interações com os microrganismos do solo e a toxicidade de certos agrotóxicos (HOFFMANN; LUCENA, 2006).



**Figura 3.** Micrografia de varredura de micélio dos isolados de *glomus clarum*, *glomus FDS 1* e *Gigaspora gigantea*. Fonte: Bertolazi et al. (2010).

## 2.5. Micorrizas e a dinâmica do carbono

O ciclo do carbono (C) de compostos orgânicos do solo é um componente fundamental de ecossistemas terrestres, sendo um dos elementos reguladores dos fluxos de gases entre a biosfera e a atmosfera. Os principais elementos definidores da magnitude e rapidez desse ciclo são a relação entre a produtividade primária e a distribuição do C entre a parte aérea e as raízes, assim como os processos de mineralização e imobilização (BRADY, 1989).

A maioria dos organismos do solo utiliza os compostos orgânicos da matéria orgânica do solo (MOS) como fonte de energia e nutrientes para a realização dos processos de transformação do C, o que inclui a mineralização, imobilização e formação de substâncias húmicas (MOREIRA, 2006). O C associado à biomassa microbiana representa um dos compartimentos da MOS com menor tempo de ciclagem: 2,5 anos em condições de clima temperado e 0,25 anos em condições de clima tropical úmido (FOLLI-PEREIRA et al., 2012), com tendência de a biomassa microbiana ser maior em camadas mais

superficiais pela maior disponibilidade de matéria orgânica, água e outros nutrientes.

Neste contexto, os compartimentos da MOS incluindo teores de C, índices de biomassa microbiana e atividade enzimática no solo têm sido utilizados como indicadores da qualidade do solo (BRANDINI; SANTOS, 2016).

A microbiota dos solos é pobre em carbono, ou seja, faltam compostos orgânicos energéticos para sua nutrição. Porém, as plantas secretam até 40% de seus fotossintatos na rizosfera, elevando a densidade da população microbiana na rizosfera em relação ao solo, fenômeno este conhecido como “efeito rizosférico” (ROMAGNOLI; ANDREOTE, 2016).

Estima-se que FMA possam ser responsáveis pelo dreno anual aos solos de cinco bilhões de toneladas (5 Gt) de C. Entretanto, sua quantidade no solo é bastante variável e influenciada por fatores como planta hospedeira, sazonalidade e tipo de solo (BAGO et al., 2000).

## **2.6. Glomalinas**

Dentre os grupos microbianos que estão relacionados com os processos de agregação de proteínas do solo, constam os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (NOBRE et al., 2015). Os FMA estão envolvidos na formação e estabilização de agregados do solo (RILLIG et al., 2015), através do desenvolvimento de uma rede de hifas, criando um esqueleto estrutural que atua na junção e adesão das partículas do solo (VILELA et al., 2014). Sua importância se dá não apenas pelo efeito mecânico das hifas, mas também pela produção de uma glicoproteína de natureza hidrofóbica denominada glomalina (NOBRE et al., 2015).

A glomalina é um componente da parede das hifas dos FMA, que se acumula no solo após o processo de decomposição das hifas por microrganismos edáficos. Sua relevância se dá, principalmente, por sua associação ao carbono, contribuindo para o incremento de seu reservatório no solo (DRIVER et al., 2005).

Dentre as principais funções desta proteína, cuja natureza é a resistência ao calor, a insolubilidade e a hidrofobicidade, estão o auxílio na proteção das

hifas fúngicas à dessecação e na agregação das partículas minerais e orgânicas presentes no solo (BARTO et al., 2010).

Considerada uma proteína estável e abundante no solo (RILLIG et al., 2003), a glomalina encontra-se estreitamente correlacionada com a estabilidade de agregados com o carbono e o nitrogênio do solo (NICHOLS; WRIGHT, 2005), contendo cerca de 60% de carboidratos, possui nitrogênio ligado ao oligossacarídeo e ferro (PAIM, 2016).

O impacto antrópico pode prejudicar a produção de micélio externo da MA, responsável pela síntese da glomalina (MERGULHÃO, 2006; SILVA et al., 2012).

### **3. Fungos micorrízicos arbusculares na restauração ambiental**

Considerando a potencialidade que é conferida para as culturas, o requerimento crescente de fertilizantes fosfatados e nitrogenados para produções de mudas destinadas a renovação às diversas áreas produtivas, é exigente uma demanda por tecnologias alternativas que intensifique o uso de processos biológicos, com ganhos econômicos e ecológicos.

A produção agrícola e florestal e a restauração de áreas degradadas devem ser pautadas no aumento da qualidade do solo, na biodiversidade e na nutrição adequada das plantas. Entretanto, a manipulação da microbiota, devido a interações ecológicas com outros seres vivos e com o meio físico, é mais complexa que o simples uso de fertilizantes. Isso porque alterações nas características físico-químicas e biológicas formam uma cascata de correlações espaciais e temporais: ou seja, pequenas mudanças que podem causar grandes alterações na microbiota (PRATES JÚNIOR et al., 2021).

As áreas degradadas, geralmente, apresentam baixa fertilidade, limitações físicas e biológicas do solo, bem como a presença de substâncias tóxicas, que dificultam o processo de revegetação. A degradação do solo pode ser definida como perda, em longo prazo, das funções ecossistêmicas e da produtividade, causadas por distúrbios, que dificultam a recuperação por processos naturais (SOUZA, 2021).

Assim, é necessário realizar a revegetação, permitindo a reintegração dos ecossistemas, em termos estruturais e funcionais, por meio do aumento da

disponibilidade de carbono orgânico no solo (PRATES JÚNIOR et al., 2021). Diante das condições relativamente extremas de ambientes degradados, a simbiose micorrízica é essencial para atenuar os distúrbios e viabilizar o aumento da biodiversidade (PRATES JÚNIOR, 2018).

Existem poucos estudos abordando interações mutualísticas e efeitos dos metais nas trocas gasosas, considerando relatos de inibição da atividade fotossintética causada por metais em plantas sensíveis (HOSSAIN; HASANUZZAMAN; FUJITA, 2010; HOSSAIN et al., 2012). Metais contaminando o solo podem causar alterações fisiológicas nas plantas e nos organismos do solo, especialmente nas comunidades microbianas (HOSSAIN et al., 2012), interferindo nas funções do ecossistema, com consequências ao meio ambiente e à saúde pública (BERTOLAZI et al., 2010).

Em ambientes degradados por metais pesados, por exemplo, os FMA podem atenuar o estresse, absorvendo quantidades significativas desses metais em suas hifas. Em alguns casos, as plantas micorrizadas podem exibir aumento na absorção de metais pesados e no transporte destes da raiz para a parte aérea (fitoextração), enquanto em outros casos os FMA contribuem para imobilização dos metais pesados no solo (fitoestabilização) (WRIGHT et al., 2018).

A introdução de espécies vegetais tolerantes e resistentes é uma atividade para a recuperação do ambiente contaminado com metais, principalmente se acoplada ao potencial bioacumulador de metais por fungos ectomicorrízicos (NOGUEIRA; SOARES, 2010). Plantas com esse tipo de associação produzem maior quantidade de massa vegetal e absorvem e acumulam mais metais que plantas sem esses fungos (SILVA; SIQUEIRA; SOARES, 2006).

Estudos realizados acerca da degradação de ambientes têm destacado a importância e o potencial dos FMA como agentes recuperadores de áreas impactadas. A aplicação das MA na recuperação de solos impactados concentram-se no efeito da degradação, na população micorrízica e na reintrodução de propágulos selecionados e na busca de espécies nativas adaptadas às condições de degradação (COLODETE; DOBBS; RAMOS, 2014).

O estabelecimento, o desenvolvimento e a conservação dos ecossistemas naturais são dependentes da associação micorrízica que

proporciona aos vegetais simbiotes uma estratégia nutricional superior à de plantas não micorrizadas, conferindo maior sobrevivência em condições de estresse (MERGULHÃO et al., 2014). Esses mesmos autores destacam que o manejo da simbiose micorrízica como uma estratégia de maior qualidade nutricional e, portanto, aumento de produtividade, acarreta em redução de custos operacionais, constituindo-se em uma prática promissora para uma maior viabilidade e sustentabilidade de pastagens em solos tropicais, visto que tal associação oferece menores aportes de insumos nutricionais à produção.

O plantio de espécies nativas é uma estratégia de recuperação ambiental ativa, comum para aumentar a densidade de espécies, iniciando a formação de uma comunidade botânica inicial, na tentativa de acelerar o processo sucessional (WRIGHT et al., 2018). Entretanto, as áreas degradadas frequentemente apresentam baixo número de propágulos e diversidade de FMA. Assim, a inoculação de mudas de espécies nativas utilizadas nos programas de revegetação, a peletização de sementes para plantio e, ou, a inoculação direta no solo, para reintroduzir os FMA, são ferramentas biotecnológicas que podem aumentar o sucesso da restauração ambiental (COLODETE; DOBBS; RAMOS, 2014). Existem resultados positivos de inoculação de plantas em rejeito de mineração tanto com gramíneas nativas do Brasil quanto exóticas (WRIGHT et al., 2018).

A estratégia de recuperação ambiental adotada depende da paisagem em que a área está inserida, sendo necessário que cada caso seja criteriosamente avaliado por uma equipe multidisciplinar, capaz de perceber nuances da paisagem. Dentre as várias estratégias a nucleação ou formação de ilhas de diversidade, torna-se uma opção viável para iniciar o processo de aumento de propágulos na área, permitindo reduzir custos e restabelecer a comunidade de FMA, favorecendo o processo de sucessão (ROCHA et al., 2020).

#### **4. Aplicação e uso de FMA**

Inúmeras são as possibilidades de utilização dos bioinsumos, como as bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e os bioestimulantes, como substâncias húmicas (SH). Os bioinsumos apresentam propriedades específicas, podendo agir de forma isolada e, ou, associadas, apresentando potencial de incorporar nutrientes no

sistema solo-planta e promover crescimento vegetal (CANELLAS et al., 2015; BERRUTI et al., 2016).

Assim, diminuem a dependência externa por insumos, com reflexos na redução dos custos de produção dos sistemas produtivos. As BPCV, inseridas nos sistemas produtivos por meio da inoculação nas sementes ou aplicação via foliar das bactérias diazotróficas, vem apresentando excelentes resultados na agricultura (VALENTIM, 2018; OLIVEIRA, 2020).

O interesse na utilização de microrganismos na agricultura tem aumentado significativamente devido a uma maior conscientização sobre a preservação do meio ambiente, com a busca de alternativas para a redução do uso de insumos químicos. As micorrizas exercem papel significativo para a funcionalidade e manutenção dos ecossistemas naturais e manejados, auxiliam no desenvolvimento das plantas e contribuem para a estruturação de comunidades vegetais (BERUDE et al., 2015).

Pesquisas comprovam a ocorrência natural de FMA em diferentes biomas brasileiros, pois o conhecimento da diversidade de FMA nativos pode servir de estratégia para diminuir a expansão dos impactos causados pela exploração do solo e, conseqüentemente, garantir uma maior produtividade das culturas (SOUZA, 2018).

Para utilização na agricultura, qualquer isolado de FMA deve ter alta capacidade de colonização para ser capaz de competir com os FMA nativos, altamente competitivos, se estabelecendo e persistindo no campo. A capacidade de colonização dos FMA, além do genótipo do fungo, depende também das características do solo, como pH, conteúdo de nutrientes, temperatura, bactérias e pesticidas presentes, que podem influenciar desde a germinação dos esporos até a formação de apressório<sup>12</sup> e crescimento intra radicular (GIOVANNINI et al., 2020).

Os FMA desempenham um importante papel na manutenção e na dinâmica dos ecossistemas vegetais, principalmente nos trópicos, onde os solos são bastante intemperizados. O efeito mais relevante está na estratégia

---

<sup>12</sup> São definidos como estruturas empregadas pelos patógenos fúngicos para forçar e atacar à superfície da planta na preparação para a infecção. Frequentemente, os apressórios são estruturas diferenciadas nas pontas dos tubos germinativos.

nutricional das plantas hospedeiras, principalmente em relação aos nutrientes de baixa mobilidade na solução do solo (MERGULHÃO et al., 2014).

Os FMA ampliam a área de exploração do sistema radicular das plantas, proporcionando maior resistência a fatores de natureza biótica e abiótica, por exemplo, estresse hídrico, promovendo maior crescimento desses vegetais (FOLLI-PEREIRA et al., 2012). Atuam como estratégia de sobrevivência, pois plantas colonizadas apresentam melhor resistência à seca que as não colonizadas por FMA (YANG et al., 2016).

As relações hídricas em plantas micorrizadas e os processos fisiológicos envolvidos na maior tolerância das plantas micorrizadas à limitação de água são bem compreendidos; no entanto, há muitos aspectos desconhecidos que devem ser esclarecidos. A base molecular da tolerância ao estresse hídrico em plantas micorrizadas, por exemplo, continua longe de ser compreendida (FOLLI-PEREIRA et al., 2012).

Machineski et al. (2009) em trabalho com objetivo de avaliar o efeito da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*), relataram que, de modo geral, as plantas inoculadas com os FMA apresentaram maior desenvolvimento e acúmulo de nutrientes. Dentre as espécies inoculadas, *G. margarita* e *G. clarum* podem ser considerados com maior potencial para serem usados na formação de mudas de peroba rosa.

Com o objetivo de analisar a ocorrência e diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares, em duas diferentes tipologias florestais do estado de Pernambuco, e comparar com a ocorrência e diversidade desses fungos existentes em plantios de *Eucalyptus spp.*, Souza (2018), coletou 80 amostras de solo rizosférico. Sendo 20 amostras em plantio de *Eucalyptus spp.* e 20 em mata nativa da estação Experimental de Itapirema, do IPA em Goiana, 20 amostras de solo no plantio de *Eucalyptus spp.* da Usina Petribu, e 20 no fragmento de mata nativa da EECAC do município de Carpina. A extração de esporos dos FMA foi feita seguindo a metodologia proposta por Gerdemann; Nicolson (1963), apud Jenkins (1964), com posterior centrifugação e suspensão em sacarose a 50%.

Souza (2018) encontrou maior índice de diversidade em áreas de mata nativa e um maior índice de dominância nas áreas de plantios de eucalipto,

justificando que a diversidade de espécies vegetais em um local contribui para a riqueza e diversidade de FMA na rizosfera. Ele avaliou que potencial de inóculo não está diretamente relacionado à fertilidade do solo e a grandes quantidades de fósforo, pois em solos que apresentaram melhor fertilidade e maiores quantidades de fósforo apresentaram baixa densidade de esporos de FMA.

Considerando que a racionalização e alternativas mais eficientes no uso de fertilizantes estão associadas à sustentabilidade agrícola, mais o benefício da associação micorrízica em uma maior absorção de fósforo (P) pela planta em situações de baixo suprimento, Moreira et al. (2019) estudaram a produção de mudas de café arábica usando solo não esterilizado como substrato, inoculando FMA.

O experimento foi delineado em quatro blocos e arranjado em esquema fatorial  $4 \times 4$  e quatro repetições. Mudas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 foram inoculadas com *Rhizophagus clarus* (RJN102A), *Claroideoglossum etunicatum* (RJN101A) e *Dentiscutata heterogama* (PNB102A) e não inoculadas (controle).

As sementes de café foram germinadas em areia lavada e transplantadas ao atingirem o estágio de “palito de fósforo”. As mudas receberam adição de inoculante dos respectivos fungos suficientes para fornecer 100 esporos por muda no transplante para solo, fertilizando com fósforo ( $P_2O_5$ ) em diversas doses mais testemunha sem fósforo.

Foram observadas a dependência micorrízica para cafeeiros com 150 DAP, cultivados em solo sem aplicação de fertilizante fosfatado, embora essa dependência tenha diminuído a partir da dose de  $0,74 \text{ g kg}^{-1}$ . Os fungos *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglossum etunicatum* promoveram maior crescimento dos cafeeiros em relação às plantas não inoculadas.

## 5. Considerações finais

Inicialmente, os bioinsumos eram utilizados principalmente na agricultura orgânica ou agroecológica, sendo fundamentais para o manejo desses sistemas produtivos. Com a democratização do conhecimento e a demonstração dos benéficos, eles veem desempenhando papel cada vez mais importante na agricultura convencional, como alternativa ou complemento de insumos químicos, podendo ser utilizados de diferentes formas em várias culturas.



A utilização de bioinsumos na agricultura é uma tecnologia que tem muito a oferecer, uma vez que abrange várias categorias, podendo ser utilizadas em diferentes culturas e sistemas de manejo do solo, buscando alcançar o máximo potencial produtivo. Entre os benefícios dos bioinsumos está a diminuição da dependência externa por insumos químicos, promovendo uma maior lucratividade para o produtor, diminuindo a pressão sobre os recursos naturais e proporcionando segurança alimentar para a sociedade.

Os resultados apresentados no presente trabalho demonstraram que independente do manejo do solo, da cultura, forma de aplicação, dose de adubação, se há ou não associação entre bioinsumos, a utilização dessa tecnologia é positiva. Diante das dificuldades inerentes às mudanças climáticas e supervalorização dos fertilizantes minerais, a tecnologia dos bioinsumos se apresenta como de grande importância e notoriedade para o futuro da agricultura, não só brasileira, mas mundial, principalmente se tratando das incertezas futuras, onde que, cada vez mais será necessário utilizar menos recursos e produzir mais para alimentar uma população cada vez maior.

Os bioinsumos, como os FMA, apresentam propriedades específicas, podendo agir de forma isolada e, ou, associadas, apresentando potencial de incorporar nutrientes no sistema solo-planta e promover crescimento vegetal, diminuindo a dependência externa por insumos, com reflexos na redução dos custos de produção dos sistemas produtivos.

Os microrganismos do solo desempenham um papel essencial na produtividade de agroecossistemas e no funcionamento dos ecossistemas naturais, incrementam o estabelecimento e a nutrição vegetal na maioria dos ecossistemas terrestres. Os FMA constituem recurso biológico que pode ser usado na manutenção da diversidade e produtividade das plantas, especialmente em solos tropicais deficientes em P.

Possuem também funções relacionadas à estruturação do solo, aumento da tolerância a estresses abióticos e resistência a doenças em plantas. Um sistema agrícola equilibrado, baseado na manutenção da microbiota nativa do solo, deve ser priorizado, em detrimento de sistemas produtivos baseados na alta aplicação de recursos externos, tendo em vista a sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema.

Trabalhos que validam a eficácia dos bioinsumos devem ser estimulados. Os resultados dessas pesquisas podem promover não só uma agricultura de baixo custo e mínimo impacto ambiental, mas também comprovar o potencial biotecnológico dessas bactérias. Conhecer as condições de manejo que maximizem os processos que elas realizam é um desafio para a pesquisa atual.

## 6. Referências

BACK, M. M.; ALTMANN, T.; DE SOUZA, P. V. D. Influência de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de citros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 407-412, 2016.

BAGO, B. Putative sites for nutrient uptake in arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant Soil**, 226:263- 274, 2000.

BARBOSA, M. V. **Utilização de rizóbios e fungo micorrízico arbuscular na implantação de um sistema agroflorestal no semiárido pernambucano**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada - PE, 2013.

BARROS, N. de; FERREIRA de NOVAIS, R.; TEIXEIRA, J.; FERNANDES FILHO, E. NUTRICALC 2.0-Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. **Bosque**, v. 16, n. 1, p. 129-131, 1995.

BARTO, E. Kathryn et al. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2316-2324, 2010.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. III-Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, p. 74-85, 2006.

BERRUTI, A.; LUMINI, E.; BALESTRINI, R.; BIANCIOTTO, V. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 1559, 2016.

BERTOLAZI, A. A.; CANTON; G. C.; AZEVEDO, I. G.; CRUZ, Z. M. A.; SOARES, D. N. E. S.; CONCEIÇÃO, J. M.; SANTOS, W. O.; RAMOS, A. C. O papel das ectomicorrizas na biorremediação de metais pesados no solo. **Natureza online, Santa Teresa**, v. 8, n. 1, p. 24-31, 2010.

BERUDE, M. C.; ALMEIDA, D. S. de; RIVA, M. M.; CABANÊZ, P. A.; AMARAL, A. A. do. Micorrizas e sua importância agroecológica. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n. 22, p. 132, 2015.

BRADY, N. C. Solos orgânicos (Histosols). Sua natureza, propriedades e utilização. **Natureza e propriedades dos solos**. 7 ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989.

BRAHMAPRAKASH, G. P.; SAHU, Pramod Kumar. Biofertilizers for sustainability. **Journal of the Indian Institute of Science**, v. 92, n. 1, p. 37-62, 2012.

BRANDINI, C. B.; SANTOS, D. G. dos. Transformações do carbono no solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016, p. 83-96.

BRASIL. **Decreto Nº 10.375**, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480> . Acesso em: 13 set. 2020.

BÜCKING, H.; MENSAH, J. A.; FELLBAUM, C. R. Common mycorrhizal networks and their effect on the bargaining power of the fungal partner in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Communicative & integrative biology**, v. 9, n. 1, p. e1107684, 2016.

CANELLAS, L. P. ; OLIVARES, S. L.; AGUIAR, N. O.; JONES, D. L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia horticultrae**, v. 196, p. 15-27, 2015.

CANTON, G. C. **Efeito do manganês sobre a ecofisiologia e bioquímica de ectomicorrizas**. 2012. Tese de Doutorado. Brasil.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 5, p. 180-208, 2009.

CAVALCANTI DO ESPÍRITO SANTO MERGULHÃO, A. Aspectos ecológicos e moleculares de fungos micorrízicos arbusculares. 2006.

COLODETE, C. M.; DOBBSS, L. B.; RAMOS, A. C. Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza on line**, v. 12, n. 1, p. 31-37, 2014.

CRUZ, E.; SOBREIRA, A. C.; BARROS, D. L. de; GOMIDE, P. H. O. Doses de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e produção do feijão-caupi em Roraim. **Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online)**, v. 11, n. 01, p. 21-28, 2017.

DRIVER, J. D.; HOLBEN, W. E.; RILLIG, M. C. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 1, p. 101-106, 2005.

FOLLI-PEREIRA, M. da S.; MEIRA-HADDAD, L. A.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1663-1679, 2012.

GAI, J.; GAO, W.; LIU, L.; CHEN, Q.; FENG, G.; ZHANG, J.; CHRISTIE, P.; LI, X. Infectivity and community composition of arbuscular mycorrhizal fungi from different soil depths in intensively managed agricultural ecosystems. **Journal of Soils and Sediments**, v. 15, n. 5, p. 1200-1211, 2015.

GIOVANNINI, L.; PALLA, M.; AGNOLUCCI, M.; AVIO, L.; SBRANA, C.; TURRINI, A.; GIONANNETTI, M. Arbuscular mycorrhizal fungi and associated microbiota as plant biostimulants: research strategies for the selection of the best performing inocula. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 106, 2020.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. **Laboratório de Biologia de Micorrizas**. UFRN. Disponível em: Laboratório de Biologia de Micorrizas. Acesso em: 07 jun. 2021. HOFFMANN, L. V.; LUCENA, V. S. Para entender Micorrizas Arbusculares. **Embrapa Algodão-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006.

HOSSAIN, M. A.; HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M. Up-regulation of antioxidant and glyoxalase systems by exogenous glycinebetaine and proline in mung bean confer tolerance to cadmium stress. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 16, n. 3, p. 259-272, 2010.

HOSSAIN, M. A.; PIYATIDA, P.; SILVA, J. A. T. da; FUJITA, M. Molecular mechanism of heavy metal toxicity and tolerance in plants: central role of glutathione in detoxification of reactive oxygen species and methylglyoxal and in heavy metal chelation. **Journal of Botany online**, v. 37, n. 1, 2012.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant disease reporter**, v. 48, n. 9, 1964.

LANFRANCO, L.; BONFANTE, P.; GENRE, A. A Interação Mutualista entre Plantas e Fungos de Micorrizas Arbusculares. **Espectro de microbiologia**, v. 4, n. 6, 2016.

LATEF, A. A. H. A. et al. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and abiotic stress in plants: a review. **Journal of plant biology**, v. 59, n. 5, p. 407-426, 2016.

MACHINESKI, O.; BALOTAI, E. L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; PINTO DE SOUZA, J. R. Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 567-570, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/rtvmtfJZBr3CwzC8QxhLD3x/?form=at=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 set. 2020.

MARTIN, B. D.; SCHWAB, E. Current usage of symbiosis and associated terminology. **International Journal of Biology**, v. 5, n. 1, p. 32, 2013.

MERGULHÃO, A. C. do E. S.; SILVA, M. V. da; LIRA, M. C. C. P. de; FIQUEIREDO, M. do V. B.; SILVA, M. L. R. B. da; MAIA, L. C. Caracterização

morfológica e molecular de fungos micorrízicos arbusculares isolados de áreas de mineração de gesso, Araripina, PE, Brasil. **Hoehnea**, v. 41, n. 3, p. 393-400, 2014.

MIRANDA, P. B. **Influência de fungos micorrízicos arbusculares como promotores de crescimento de porta-enxertos de citros**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural), Programa de Pós-Graduação e Desenvolvimento Rural, Araras, CCA/UFSCar, 2017.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas. In: **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 543-662.

MOREIRA, S. D.; FRANÇA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; LEAL, F. D. S.; SILVA, E. de B. Fungos micorrízicos arbusculares e doses de fósforo no crescimento do cafeeiro em solo não esterilizado. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 72-80, 2019.

NICHOLS, K. A.; WRIGHT, S. F. Comparison of glomalin and humic acid in eight native US soils. **Soil Science**, v. 170, n. 12, p. 985-997, 2005.

NOBRE, C. P. et al. Agregação, glomalina e carbono orgânico na chapada do Araripe, Ceará, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 138-147, 2015.

NOGUEIRA, M. A.; SOARES, C. R. F. S. Micorrizas arbusculares e elementos-traço. **Siqueira JO, Souza FA, Cardoso EJBN, Tsai SM, organizadores. Micorrizas**, v. 30, p. 475-501, 2010.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; PALENZUELA, J. ; INEICHEN, K.; SILVA, G. A. da. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA fungus**, v. 2, n. 2, p. 191-199, 2011.

OLIVEIRA, D. M. **Potencial de insumos biológicos no desenvolvimento de forrageiras**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Alegre, ES. 2020.

PAIM, L. R. **Atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico cultivado com soja e milho tratados com estimulante à micorrização e fósforo**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.

PRATES JÚNIOR, P. **Plant soil feedback e inoculação de fungos micorrízicos em mudas de e braúna** [dissertação]. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2018.

PRATES JÚNIOR, P.; MOREIRA, B. C.; DA SILVA, M. DE C. S.; DIOGO, N. V.; RODRIGUES DA LUZ, J. M.; JORDÃO, T. C.; PAIVA, H. N.; KASUYA, M. C. M. Mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization show contrasts on native species of the Brazilian Atlantic Forest and Cerrado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** n. 45, 2021. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210013>.

REDECKER, D.; KODNER, R.; GRAHAM, L. E. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**, v. 289, n. 5486, p. 1920-1921, 2000.

REINHARDT, D. Programming good relations—development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 10, n. 1, p. 98-105, 2007.

RILLIG, M. C.; AGUILAR-TRIGUEROS, C. A.; BERGMANN J.; VERBRUGGEN E.; VERESOGLOU S. D.; LEHMANN A.; Plant root and mycorrhizal fungal traits for understanding soil aggregation. **New Phytol.** v. 205, p. 385-388, 2015.

RILLIG, M. C.; RAMSEY, P. W.; MORRIS, S.; PAUL, E. A. Glomalina arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. **Plant and Soil**, v, 253, n. 2, p. 293-299, 2003.

ROCHA, L. P. M.; MOREIRA, F. W.; OLIVEIRA, C. M.; OLIVEIRA, L. A. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em um plantio de cupuaçu na estrada de Balbina. Amazonas. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.78-84, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0009>

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; FIQUEIREDO, F. A. M. M. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectona grandis* LF. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 25-34, 2018.

ROMAGNOLI, E. M.; ANDREOTE, F. D. Rizosfera. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. p. 49-57.

SADAVA, D.; HELLER, H. C.; ORIAN, G. H.; PURVES, W. K.; HILLIS, D. M. **Vida: a ciência da biologia**. Volume II: Evolução, Diversidade e Ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SAGGIN JR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J. O. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA, DCS, 1996.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; DA SILVA, E. M. R.. Micorriza arbuscular—Papel, funcionamento e aplicação da simbiose. **Miolo Biota**, v. 12, n. 32, p. 101-150, 2006.

SAMPAIO, Á. M. do N. C. **O papel das micorrizas no modo de produção biológico da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2012. Dissertação de Mestrado.

SCHÜßLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological research**, v. 105, n. 12, p. 1413-1421, 2001.

SILVA, C. F. da; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; SILVA, E. M. R. da; PEREIRA, M. G.; FREITAS, M. S. N.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; MARTINS, M. A. Fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina em área

degradada por extração de argila e revegetada com eucalipto e acácia. **Ciência Florestal**, v. 22, p. 749-761, 2012.

SILVA, R. R. da; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. de S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1584-1592, 2010.

SILVA, S. da; SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S.. Fungos micorrízicos no crescimento e na extração de metais pesados pela braquiária em solo contaminado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1749-1757, 2006.

SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**, 1992. Cap. 19, 282 p.

SMITH, S. E.; READ, D. Mycorrhizal Symbiosis. **Academic Press**, 3º Edição, p. 80, 2008.

SMITH, S. E.; EVELINA, F.; SUZANNE, P.; SMITH, A. F. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. **Plant and soil**, v. 326, n. 1, p. 3-20, 2010.

SOUZA, F. A.; STURMER, S. L.; CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Ed da UFLA, 2010. p. 15-73.

SOUZA, J. de O. **Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em diferentes tipologias florestais do Estado de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Recife, UFRPE, 2018.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas. Vol. II**. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. 384 p.

VALADARES, R. B. da S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016, p. 181-194.

VALENTIM, S. B. **Insumos biológicos no crescimento de capim marandu e estilosantes cv. campo grande**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, Alegre, ES. 2018.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A.. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**./Organizadores Diego Medeiros Gindri, Patrícia Almeida Barroso Moreira, Mario Alvaro Aloisio Verissimo.–1. ed. Florianópolis: CIDASC, p. 382-409, 2020.

VILELA, L. A. F.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; PAULINO, H. B.; SIQUEIRA, J. A.; SANTOS, V. L. da S.; CARNEIRO, M. A. C. Arbuscular mycorrhizal fungus in microbial activity and aggregation of a Cerrado Oxisol in crop sequence. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 1, p. 34-42, 2014.

WRIGHT, S. J.; TURNER, B. L.; YAVITT, J. B.; HARMS, K. E.; KASPARI, M.; EDMUND, V. J.; TANNER, E. V. J.; BUJAN, J.; GRIFFIN, E. A.; MAYOR, JR; PASQUINI, S. C.; SHELDRAKE, M.; GARCIA, M. N. Plant responses to fertilization experiments in lowland, species-rich, tropical forests. **Ecology**. n. 99, p. 1129-1138, 2018. <https://doi.org/10.1002/ecy.2193>

YANG, Y.; LIANG, Y.; HAN, X.; CHIU, T-Y; GHOSH, A.; CHEN, H. ; TANG, M. The roles of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in phytoremediation and tree-herb interactions in Pb contaminated soil. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2016.

## **Autores**

Lucas Henrique Cortat, Danillo Sartório Rangel, José Carlos Lambert, João Paulo Andrade Gomes, Maria Amélia Bonfante da Silva, João Sávio Monção Figueiredo, Otávio Pereira Araujo, Maurício Novaes Souza\*

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)



## CAPÍTULO 6

---

### A relevância da matéria orgânica para a manutenção da qualidade solo

Maria Amélia Bonfante da Silva, José Carlos Lambert, Otacílio José Passos Rangel, Renato Ribeiro Passos, Aline Marchiori Crespo, Bruno Fazolo Repposi, Alex Justino Zacarias, Marcus Vinícius Campos Gall, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c6>

#### Resumo

O solo pode ser compreendido como um sistema aberto que realiza continuamente troca de matéria e energia com o ambiente, gerando serviços ambientais diversos, os quais contribuem para o bem-estar humano. Dentre esses serviços estão incluídos os serviços de provisão, regulação e principalmente o de suporte, o qual promove a ciclagem e retenção de nutrientes e o armazenamento de carbono: processos esses fundamentais para a manutenção da fertilidade do solo, possibilitando o seu uso na agricultura e na pecuária. O solo é o meio de crescimento para as plantas, sendo capaz de suprir as necessidades vitais do ser humano relacionadas ao fornecimento de alimentos, energia e fibras. Portanto, sua qualidade é um fator fundamental na produtividade agrícola ou florestal e, para alcançar bons resultados na produção vegetal, é necessário que suas condições estejam próximas das consideradas ideais, de modo que as raízes das plantas consigam crescer, absorver nutrientes e água em níveis adequados. Sobre a matéria orgânica do solo, uma vez estando em seu nível ótimo, significa uma boa condição agrícola e ambiental deste, caracterizada por redução na erosão, alta capacidade de amortecimento e filtragem e um rico habitat para os organismos vivos. No entanto, o avanço no setor agropecuário acarreta transformações físicas das paisagens e artificialização dos ecossistemas. Desta forma, é necessário conhecer estratégias que enfatizem procedimentos que levem ao desenvolvimento ecologicamente sustentável, com novos arranjos tecnológicos compatíveis com a manutenção da matéria orgânica do solo e que viabilizem a conservação e, ou, a recuperação do meio ambiente nos processos de produção de alimentos.

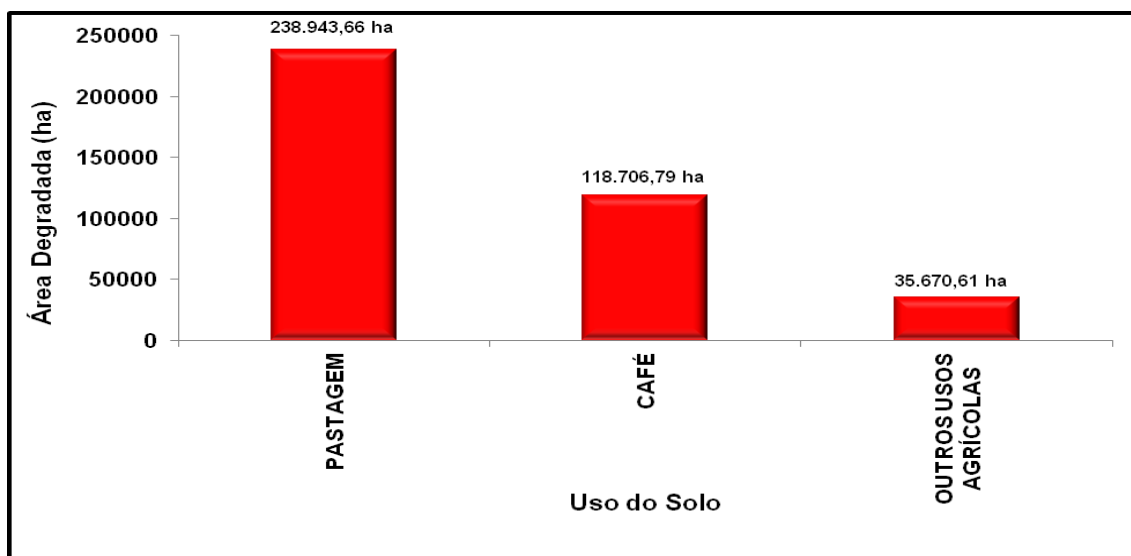
**Palavras-chave:** Degradação do solo. Matéria orgânica. Sustentabilidade ambiental.

#### 1. Introdução

A ocupação e o uso do solo dizem respeito ao modo como os seres humanos o utilizam. Seja para exploração agropecuária ou para habitação,

mudanças significativas na paisagem podem ocorrer ao se estabelecerem sem um planejamento prévio para o uso sustentável do espaço (OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016; SOUZA, 2021).

Trinta por cento (30%) dos solos do mundo estão degradados. No Brasil, estima-se que há cerca de 140 milhões de ha de áreas degradadas, o que corresponde a 16,5% do território nacional (CGEE, 2016). O Espírito Santo (ES) possui 393 mil hectares de solos degradados, o que corresponde a 8,5 % da área estadual e 16,7 % da área agrícola total, destacando-se áreas cultivadas com pastagens e café - a pastagem apresenta a maior dimensão de área degradada com 238.943 ha, o café com 118.706 ha e outros usos agrícolas com 35.670 ha. No entanto, em termos percentuais, o café apresentou maior degradação do solo com 22,39 % de sua área total degradada, seguido pela pastagem com 18,19 % e, por fim, outros usos agrícolas com 6,96% (BARRETO; SARTORI, 2012) (Figura 1).



**Figura 1.** Percentual de degradação em função do manejo do solo. Fonte: Barreto; Sartori (2012).

Solos de clima tropical, como os brasileiros, são em geral ácidos, apresentam pH menor que 5,5, têm baixa capacidade de troca de cátions, baixos teores de Ca, Mg e P disponíveis e baixo teor de matéria orgânica. A matéria orgânica do solo (MOS) é um atributo decisivo na definição de sua qualidade, concentrando-se em maior quantidade na sua superfície, cuja função mais

importante é incorporar e estocar nitrogênio, carbono e outros elementos (SOUZA, 2018).

Há de se considerar, de acordo com esse mesmo autor, que além da influência com relação aos nutrientes, pode ser observada a atuação do componente orgânico no solo em associação com os componentes minerais, na formação de agregados e estruturação do solo, na retenção de umidade, incorporação de nutrientes como o N, aumento do efeito tampão do solo, aumento da CTC, da atividade microbiana, diminuição dos efeitos negativos do alumínio tóxico e redução da adsorção de grupamentos fosfatos aos coloides dos solos.

No entanto, o uso convencional dos recursos naturais de forma intensiva tem provocado perda da capacidade produtiva do solo, devido à redução de nutrientes, matéria orgânica e biodiversidade. A degradação de um ambiente ocorre devido ao manejo inadequado e ao uso intensivo do solo que, mesmo reversível, requer muito mais tempo e recursos para recuperar sua qualidade (SOUZA, 2021).

Em áreas naturais cobertas por matas nativas, formam-se importantes ecossistemas protetores da diversidade biológica, do equilíbrio hídrico e da qualidade das condições edafoclimáticas locais. Todavia, a transformação das áreas de vegetação natural em áreas de cultivo implica em mudanças na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas.

Os solos sob florestas naturais expressam seu potencial intrínseco por intermédio de seus atributos físicos, químicos e biológicos, de grande valor qualitativo para o desenvolvimento das plantas e armazenamento de carbono (C). Enquanto que modificações nas classes de uso da terra podem alterar as propriedades químicas e biológicas do solo, interferindo, assim, na dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) - pode conduzir a um processo de mineralização da matéria orgânica, tendo como consequência o aumento nas emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera (GUIMARÃES et al., 2012; BARROS, 2013; SOUZA, 2018) (Figura 2).



**Figura 2.** Área conservada com vegetação nativa no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba: ambiente modificado e alteração nos níveis de MOS. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2016).

A matéria orgânica do solo é um atributo que apresenta alta sensibilidade ao manejo do solo e dos cultivos agrícolas (Figura 3). Com a extensão da fronteira agrícola, marcada pela remoção da vegetação nativa, mecanização intensiva e o uso de práticas de manejo inadequadas, alteram-se os atributos edáficos com reflexos na redução dos estoques de matéria orgânica e deterioração dos atributos do solo por ela influenciados (GAZOLLA et al., 2015).

A produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da atividade e biomassa dos microrganismos do solo. Neste contexto, a manutenção de resíduos vegetais no solo, em sistemas agropecuários, e a queda de restos vegetais para a formação de serapilheira, em sistemas florestais e agroflorestais, são determinantes na obtenção do equilíbrio da matéria orgânica no solo (SOUZA, 2015).



**Figura 3.** Área degradada por pastagem: potencialidade de perda de MOS.  
Fonte: Arquivo Sítio Gravel (2020).

## 2. A matéria orgânica do solo (MOS)

A presença de nutrientes é um dos aspectos fundamentais que garantem a boa qualidade dos solos. Em ecossistemas nativos, a ciclagem natural de nutrientes é a grande responsável pela manutenção do bom funcionamento do solo. Essa ciclagem é fundamental para manter o estoque de nutrientes nos ecossistemas naturais, evitando a perda da fertilidade natural do solo (LOPES; GUILHERME, 2007).

A MOS é uma complexa mistura de resíduos vegetais e animais em diferentes estádios de decomposição - macro e microrganismos do solo e substâncias orgânicas por estes produzidas. Ou seja, a MOS é constituída por compostos de carbono em diferentes graus de associação com as fases minerais do solo originados a partir da decomposição de resíduos vegetais e animais. Além de ser fonte de nutrientes, a matéria orgânica apresenta cargas de superfície que contribuem para o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo e, devido a sua alta reatividade, regula a disponibilidade de vários nutrientes, em especial os micronutrientes, bem como a atividade de elementos

potencialmente fitotóxicos como  $Al^{3+}$  e  $Mn^{2+}$  e metais pesados em solos ácidos (ZANDONADI et al., 2014).

A MOS pode ser descrita como o componente não vivo da fração orgânica do solo, formada por uma mistura heterogênea composta principalmente pelos produtos resultantes da transformação química e microbiana de resíduos orgânicos. Esta fração não viva da MOS representa cerca de 95% de seus constituintes. A quantidade e composição da MOS são fortemente afetadas pelo uso e cobertura do solo (MAIA et al., 2013).

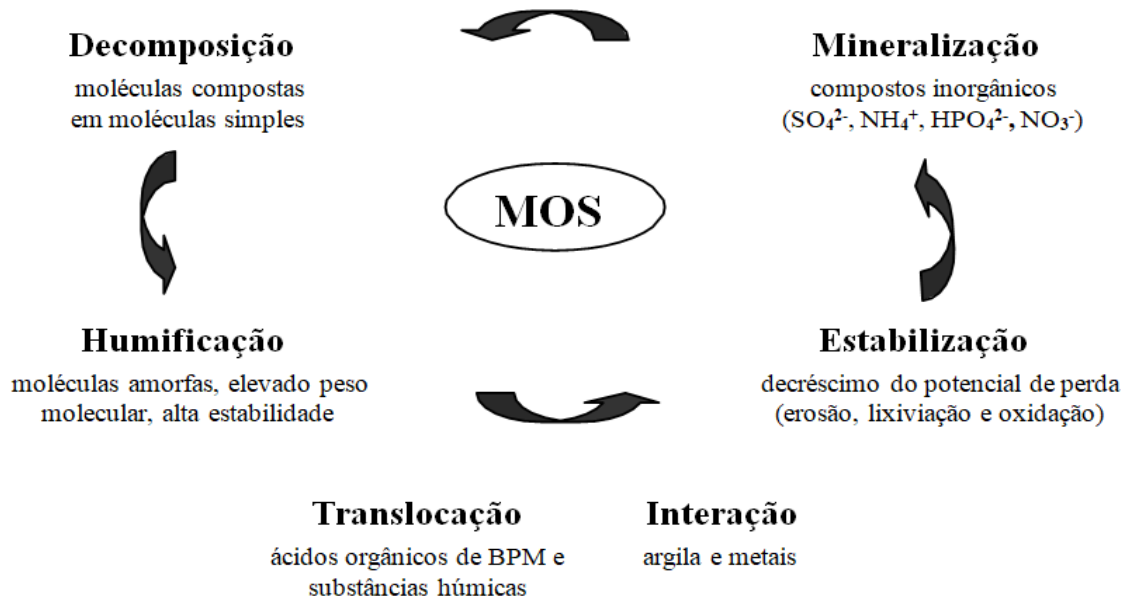
Por estar localizada em diferentes compartimentos, a MOS tem diferentes tempos de reciclagem e diferentes formas de proteção, constituindo frações lábeis e estáveis da MOS. A fração lábil, também denominada matéria orgânica particulada (MOP), é composta de materiais prontamente disponíveis à decomposição microbiana; e a fração estável, a matéria orgânica complexada (MOC), é aquela associada aos minerais do solo (GUIMARÃES et al., 2012).

Chan et al. (2001) propuseram fracionar o Carbono orgânico total (COT) em quatro graus decrescentes de oxidação, por meio da utilização de diferentes concentrações de ácido sulfúrico. Essa metodologia, denominada de fracionamento do COT por graus de oxidação, permite a classificação do carbono do solo nas frações F1, F2, F3 e F4. As frações F1 e F2 são mais lábeis e estão mais relacionadas à disponibilidade de nutrientes e à formação e a estabilização de macroagregados. Por outro lado, as frações F3 e F4 estão relacionadas aos compostos de maior estabilidade química e peso molecular, comuns nas frações humificadas da matéria orgânica e de maior tempo de residência no solo. O estudo dessas frações é de grande importância: elas auxiliam na interpretação das mudanças promovidas pelo uso e manejo do solo, antes que modificações sejam observadas nos teores de COT do solo (CHAN et al., 2001; LOSS et al., 2020).

Alterações nesses compartimentos causam mudanças na estrutura do solo e na sua capacidade de reter carbono atmosférico (RANGEL; SILVA, 2007). Assim, as variações na qualidade e nos estoques de carbono orgânico do solo também tendem a gerar alterações no teor de nitrogênio no sistema, pois os dois elementos possuem dinâmica semelhantes. Deste modo, as modificações no manejo podem comprometer a ciclagem de nitrogênio (CARDOSO et al., 2010).

De acordo com Pulrolnik (2013), a dinâmica da MOS é influenciada pelo

clima, temperatura, cobertura florestal, tipo uso e manejo de solo, sendo que o acúmulo de carbono no solo e sua transformação em matéria orgânica humificada dependem de processos físicos, químicos e ações biológicas de microrganismos e da fauna edáfica. Também pode ser considerada como dreno ou fonte de carbono atmosférico (Figura 4).



**Figura 4.** Dinâmica da matéria orgânica do solo em relação aos processos e subprocessos. Fonte: Roscoe; Mercante; Salton (2006).

A MOS é de grande importância na formação e manutenção das propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos tropicais, contribuindo com até 80% de sua CTC (PACHECO; PETTER, 2011). A MOS é também uma das principais indicadora de qualidade do solo e muito usada nos estudos dos impactos causados pelo seu manejo (GUIMARÃES et al., 2012).

Do ponto de vista do ambiente, o conteúdo de MOS é um dos principais indicadores de qualidade ambiental. Está envolvido e relacionado com as propriedades físicas, como a estrutura do solo (fornecimento de substâncias agregantes); químicas, como o suprimento de macro e micronutrientes, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), tamponamento do pH; e biológicas do solo - é a principal fonte de carbono e energia para os organismos vivos do solo (PARRON et al., 2015). O teor e a qualidade da MOS estão associados às

atividades microbianas do solo, por ser a principal fonte de energia e nutrientes (WANG; XIONG; KUZYAKOV, 2016).

De acordo com Torres et al. (2005), em regiões tropicais, a taxa de decomposição da MOS atinge altos níveis devido às altas temperaturas, umidade e a atividade microbiana, reduzindo a quantidade dos resíduos adicionados ao solo. As mudanças no sistema de uso da terra, como a substituição de sistemas naturais em áreas agrícolas com cultivo mais intensivo, o frequente uso de queimadas e o preparo intensivo do solo intensifica o declínio da MOS (SILVA; MENDONÇA, 2007; SOUZA, 2015; LIU et al., 2020).

Devido à alta taxa de decomposição da MOS, sua manutenção nos solos tropicais é dificultada, o que exige maior deposição de resíduos com maior relação carbono/nitrogênio (C:N). Dessa forma, uma alternativa é a utilização de materiais orgânicos mais estáveis que podem aumentar a fertilidade e o estoque de carbono (C) no solo (RITTL et al., 2015). Espécies com maior relação C:N resistem mais à decomposição: geralmente as Poáceas são indicadas para este fim (ANGELETTI, 2016).

Resíduos do beneficiamento do café, como a palha (relação C:N = 56:1), pode ser usada com esse objetivo: contudo, nas entrelinhas do cafeeiro, para que não haja competição com o N exigido pela microbiota do solo para a decomposição desses resíduos – a aplicação na projeção da copa pode provocar déficit desse nutriente ao cafeeiro (Figura 5).

O uso de resíduos orgânicos carbonizados vem sendo resgatado e avaliado como alternativa para melhorar a qualidade do solo. Segundo Madari et al. (2006), a estrutura do biocarvão<sup>13</sup> apresenta alta porosidade e elevada área de superfície específica, fato que confere condições favoráveis para adsorção de compostos orgânicos solúveis, podendo contribuir com a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Segundo Cunha et al. (2009); Zhang et al. (2020), o biocarvão possui características recalcitrantes, responsáveis pela elevada resistência à degradação, sendo de grande importância para os solos tropicais, onde as condições climáticas favorecem a mineralização da matéria orgânica e a fração argila apresenta baixa atividade química.

---

<sup>13</sup> É o material gerado a partir da pirólise, que é a alteração térmica da biomassa em ambiente fechado, com suprimento limitado de oxigênio e em temperaturas relativamente baixas.





**Figura 5.** Palha de café: 8 meses sobreposta em terreiro de terra, Rive, Alegre, ES. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2022).

Nos biocarvões, as frações F1 e F2, mais lábeis, estão mais relacionadas à disponibilidade de nutrientes, a formação e a estabilização de macroagregados, as frações F3 e F4 estão relacionadas aos compostos de maior estabilidade química e peso molecular, comuns nas frações humificadas da matéria orgânica, com maior tempo de residência no solo (CHAN et al., 2001; LOSS et al., 2020).

### 3. Húmus

O processo de humificação representa a conversão da matéria orgânica recente em húmus, composto rico em materiais orgânicos de alto peso molecular, como os ácidos fúlvicos e húmicos, e a humina - são as frações da matéria orgânica com alto grau de estabilização (GARG; GUPTA; SATYA, 2006; PADILHA et al., 2014).

Embora a maior parte da matéria orgânica do solo possa estar relacionada às substâncias húmicas, apenas uma pequena parte dessas substâncias estaria de fato disponível prontamente para interagir com plantas e microrganismos do solo. Isto significa que a produção e o desenvolvimento vegetal não serão maiores necessariamente devido ao fato de um solo ter mais ácidos húmicos (AHs) do que outro, por exemplo. Os AHs não estão nos solos numa forma

isolada e purificada; portanto, não refletem a realidade da matéria orgânica em seu estado natural no solo (SCHMIDT et al., 2011).

A estabilidade do húmus tem grande influência sobre os estoques de carbono orgânico total (COT), uma vez que a decomposição desse material é mais lenta, e a sua presença juntamente com o aporte anual de resíduos vegetais ao solo contribuiu de forma significativa para o aumento dos estoques de COT (LIMA, 2014) (Figura 6).



**Figura 6.** Cafeeiro em SAF: elevado aporte de serapilheira (banana, pupunha, gliricídia e ingá) - Fazenda experimental da INCAPER em Pacotuba, Cachoeiro do Itapemirim, ES. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2019).

O húmus age como fertilizante natural: neutraliza a solução do solo, eleva a concentração de nutrientes e a resistência das plantas contra pragas e doenças. Outro fator é que seu uso reduz a utilização de adubos químicos, como também auxilia na mitigação dos aspectos e impactos ambientais causados pela disposição incorreta dos resíduos usados como substrato (DORES-SILVA; LANDGRAF; REZENDE, 2013). A utilização de práticas racionais de manejo, com a aplicação periódica de resíduos vegetais ao solo como fonte de matéria orgânica, práticas de cultivo mínimo ou plantio direto, pode levar acumular húmus no solo no médio e longo prazo.

#### 4. Compartimentos do carbono orgânico

O carbono lábil é composto por resíduos de plantas em decomposição, substâncias não-húmicas (aminoácidos, carboidratos, ligninas, lipídeos, ácidos nucleicos, entre outras), substâncias orgânicas solubilizadas em água, resíduos em decomposição da fauna e biomassa microbiana. Já entre os componentes mais estáveis, estão as substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas) e algumas macromoléculas que são mais resistentes à ação microbiana em razão da sua estrutura molecular (formas aromáticas) e da proteção física proporcionada pelos agregados do solo (BARROS, 2011; BHADURI et al., 2016).

A fração lábil do carbono tem como característica o fornecimento de nutrientes às plantas pela mineralização, além de energia e carbono aos microrganismos do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007). A fração mais estável representa geralmente de 85 a 90% do COT e sua principal atuação é sobre os atributos físicos e químicos do solo. Geralmente é esta fração que determina a qualidade dos solos tropicais, que são altamente intemperizados e pobres em nutrientes disponíveis para as plantas (SALES et al., 2017). A substituição da mata nativa para sistemas de cultivo convencional altera a qualidade do solo, chegando a perdas de estoques de COT de 0,60 (0,00-0,20m profundidade) e 1,07 (0,20-0,40m) t ha<sup>-1</sup>, alterando frações da matéria orgânica, propriedades biológicas, químicas e físicas do solo, principalmente nas camadas mais superficiais (SÁ et al., 2014).

De acordo com Loss et al. (2014), as frações lábeis estão relacionadas à disponibilidade de nutrientes e à formação de macroagregados no solo. No entanto, frações mais estáveis (recalcitrantes) estão associadas aos compostos de maior massa molar, contribuindo para maior estabilidade dos microagregados do solo.

Como o húmus é um heterocondensado de substâncias fenólicas, possibilita a ativação dos processos de respiração, aumentando, conseqüentemente, o metabolismo e a absorção vegetal, em particular o fósforo, propiciando maior resistência e sanidade às plantas. Porém, quando em quantidades excessivas, a atividade respiratória é demasiadamente aumentada, consumido tudo o que havia sido fotossintetizado, estagnando o crescimento vegetal (PRIMAVESI, 2010).

A perda de MOS nos primeiros centímetros da superfície do solo pode interferir drasticamente nesses processos, dificultando o desempenho das funções do solo, provocando desequilíbrios no sistema e, conseqüentemente, desencadeando o processo de degradação. Essa MOS desempenha um importante papel na qualidade do solo e na dinâmica do carbono orgânico, representando a principal reserva deste elemento. Entretanto, algumas mudanças no uso e manejo podem alterar os atributos do solo e, conseqüentemente, os estoques de carbono das diferentes frações da MOS (ROSCOE, 2005).

O carbono orgânico influencia diretamente os atributos físicos do solo, principalmente sua estrutura, que está relacionada com a densidade, porosidade e a permeabilidade do solo, assim como com a resistência do solo à penetração das raízes (LETEY, 1985; SILVA et al., 2011).

O solo contém aproximadamente 2344 Gt (1 Gt = 1 giga tonelada = 1 bilhão de toneladas) de carbono orgânico globalmente, estimado em três a quatro vezes superior que o C atmosférico. Pequenas mudanças no estoque de carbono orgânico do solo podem resultar em impactos significativos na concentração de carbono atmosférico. Os fluxos de carbono orgânico do solo variam em resposta a uma série de fatores potenciais ambientais e antropogênicos. Entre estas funções, por exemplo, a MOS é a fonte primordial de carbono (C) (STOCKMANN et al., 2013).

A MOS, portanto, constitui a principal fonte de energia e nutrientes para a atividade microbiana. Processos como a “respiração microbiana do solo” ou a evolução de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), estão fortemente associados ao teor e à qualidade da MOS e, como consequência, a própria diversidade biológica estará refletindo, também, a qualidade da MOS (MAIA; PARRON, 2015).

Segundo Neves et al. (2006), a agregação de partículas do solo é uma das propriedades mais importantes na hora de avaliar sua qualidade, uma vez que a manutenção de sua estrutura facilita a aeração e a infiltração de água e reduz a erodibilidade. Além da agregação do solo ter influência sobre a infiltração de água, observam-se outros fatores: a biodiversidade, a dinâmica da biomassa do solo, a disponibilidade de oxigênio às raízes e a erosão do solo (DENEFF et al., 2001; FRANZLUEBBERS, 2002).

Em virtude de suas importantes funções nos processos físicos, químicos e biológicos no solo, a perda de MOS retroalimenta o processo de degradação. Promove a desorganização do sistema, resultando em menores produções de biomassa e maiores perdas de nutrientes, água e solo, favorecendo o desequilíbrio no sistema e, conseqüentemente, desencadeando o processo de degradação. Assim, o uso frequente do solo para agricultura tende a alterar os teores de carbono do solo (CARVALHO et al., 2010; MAIA et al., 2010).

As frações da MOS, especialmente as lábeis, respondem mais rapidamente às interferências antrópicas quando comparadas com os demais atributos do solo ou mesmo com o carbono orgânico total (COT), o que as torna excelentes indicadores de qualidade do solo (SALVO et al., 2010).

A associação das frações da MOS e das características do local pode auxiliar na formulação e na avaliação de modelos baseados em processos e na determinação dos efeitos do uso da terra e da mudança climática nos estoques de carbono (ZONG-MING et al., 2010).

Leite et al. (2015) analisaram o solo de uma área degradada em recuperação com pinhão-mansão e constataram que os baixos valores observados para o COT e suas frações lábeis ou estáveis, demonstraram o estado de degradação do solo, indicando, portanto, a necessidade de aumento na entrada de carbono por meio da inclusão de espécies com elevado aporte de resíduos. Nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 m, os teores de carbono lábil (CL) variaram de 0,1 a 1,0 g kg<sup>-1</sup> e na camada de 0,10-0,20 m, de 0,1 a 0,9 g kg<sup>-1</sup>, representando apenas 10 e 6% do COT, para as primeiras duas camadas e 6% para a última, abaixo de outros resultados de carbono lábil CL/COT reportados na literatura em áreas sob manejo do solo conservacionista ou mesmo convencional (LEITE et al., 2010).

Desta forma, o aumento do tamanho desse compartimento é fundamental na recuperação de áreas degradadas: há uma associação direta com a melhoria da qualidade do solo decorrente do aumento no fornecimento de nutrientes e estabilidade de agregados do solo (CAMBARDELLA et al., 1994).

Esses mesmos autores ainda relatam que os valores observados para carbono nas substâncias húmicas foram muito baixos (menor que 1%), o que está associado diretamente ao processo de degradação observado na área e a na contribuição ainda insuficiente do pinhão-mansão em termos de aporte de

biomassa: muito provavelmente pelo pouco tempo de adoção, caso em que a inclusão de gramíneas pode favorecer a formação de agregados mais estáveis que se relacionam com o aumento do teor de carbono no solo, ocasionando, assim, uma reconstrução da matéria orgânica do solo.

A importância do conhecimento da MOS, bem como sua relação com o manejo e uso do solo, visa desenvolver estratégias para utilização sustentável dos solos, a fim de reduzir o impacto das atividades agropecuárias sobre o ambiente. Práticas conservacionistas de manejo têm recebido grande destaque nos anos recentes, basicamente no que se refere à manutenção e à melhoria dos atributos físicos e biológicos dos solos cultivados, e suas implicações quanto ao rendimento das culturas (ARGENTON et al., 2005).

Lima et al. (2008) explanam que geralmente sistemas conservacionistas promovem aumento no teor de carbono do solo e de suas frações, com reflexos positivos sobre os parâmetros biológicos. A incorporação de matéria orgânica (MO) em solos agricultáveis, proveniente de resíduos gerados no próprio empreendimento, diminui o *input* de CO<sub>2</sub> na atmosfera, além de auxiliar na retenção de umidade, dificultando assim o processo de erosão e fornecendo macro e micronutrientes às plantas (DORES-SILVA; LANDGRAF; REZENDE, 2013).

No desenvolvimento de uma cultura, existe uma variabilidade espacial e temporal da produtividade dentro da mesma área, principalmente em virtude da disponibilidade nutricional decorrente das propriedades físicas e químicas do solo. A incorporação de matéria orgânica pode reduzir essa variabilidade, regularizando a produção e aumentando a produtividade (Figura 7).

O uso de coberturas vegetais em sistemas agrícolas visa, dentre outros objetivos, melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CUNHA et al., 2012). É de fundamental importância selecionar plantas de cobertura com grande potencial em produzir fitomassa e acumular, principalmente, carbono (C) e nitrogênio (N) (DONEDA et al., 2012).

Novos métodos para fornecer esses nutrientes vêm sendo pesquisados, como a aplicação de água residuária da suinocultura (GUIDINELLE, 2019). Segundo Cabral et al. (2011), a água residuária contém micronutrientes (Fe, Mg, Cu, Zn) e macronutrientes (N, P, K, Ca), que potencializam seu uso na irrigação de culturas agrícolas sendo, portanto, considerada um biofertilizante líquido.

Aproximadamente 67% do N, 33% do P e 100% do K encontrados na água residuária são prontamente absorvíveis pelas plantas por estarem na forma mineral (GOMES FILHO et al., 2001).



**Figura 7.** Aporte de serapilheira em cafeeiro cultivado em SAF: Fazenda experimental da INCAPER, Pacotuba, Cachoeiro do Itapemirim, ES. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2019).

## 5. Considerações finais

A visão conservacionista no âmbito do tripé da sustentabilidade busca encontrar soluções econômicas e práticas agrícolas que promovam aos produtores melhores condições de vida, segurança alimentar, preservação, conservação e recuperação de remanescentes florestais. O solo é um recurso natural não renovável de extrema importância para todos os seres vivos; portanto, precisa ser conservado. Vale ressaltar que a saúde do solo é também importante para a manutenção da biota que nele habitam e que contribuem com a funcionalidade e fertilidade do solo, melhorando a sua qualidade.

A MOS é um condicionador dos atributos biológicos, físicos e químicos do solo. A riqueza do solo em matéria orgânica aumenta a resistência da planta a doenças e pragas, contribui com a fertilidade e com a eficiência dos microrganismos na decomposição.

O manejo de práticas intensivas no setor agrícola deve ser substituído por outros que minimizem os impactos ambientais, primando a sustentabilidade dos ecossistemas naturais e dos agroecossistemas. O manejo adequado e a manutenção da qualidade constante do solo favorecem o aumento progressivo dos teores de matéria orgânica nos sistemas agropecuários, colaborando com sustento e fornecimento da fertilidade por meio da acumulação de nutrientes aportados no solo.

Diante do exposto, o problema da degradação e fragilidade do solo têm ganhado maior visibilidade e maior preocupação em níveis local, regional e global. Assim sendo, as instituições de ensino e pesquisa, a sociedade civil e as políticas públicas devem continuar promovendo medidas de precaução e avaliação dos estudos de impactos ambientais, que preconizam a recuperação, o manejo e a conservação dos ecossistemas, em especial dos solos, que são a base para a produtividade vegetal e manutenção das cadeias tróficas.

## 6. Agradecimentos

Ao professor Dr. Maurício Novaes Souza pela oportunidade, dedicação e correção do texto.

Aos docentes, pelas excelentes aulas e incentivo aos alunos a caminharem firmes para a concretização de seus objetivos.

Ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia, por oportunizar a nossa percepção crítica dos problemas socioambientais e as suas possíveis soluções.

## 7. Referências

ANGELETTI, M. da P.; SOUZA, J. L. de; COSTA, H.; SOUZA, G. S. de; EWALD, M. C.; BREMEMKAMP, C.; MUNIZ, E. S.; BAHIENSE, D. V. Utilização de espécies vegetais como cobertura de solo no sistema plantio direto e como adubação verde na Região Serrana do ES. **Revista Científica Intelletto**, v. 1, n. 2, p. 87-102, 2016.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. do P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 425-435, 2005.

BARRETO, P.; SARTORI, M. **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo**. CEDAGRO, 63 p. 2012.



BARROS, J. D. S. Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. **Polêmica**, v. 12, n. 2, 2013. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6436/4844>. Acesso em: 21 ago. 2021.

BARROS, J. D. S. **Estoques de carbono em solos dos Tabuleiros Costeiros Paraibanos**: diferenças entre ambientes. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Campina Grande, CTRN/UFCG, 2011.

BHADURI, D.; SAHA, A.; DESAI, D.; MEENA, H. N. Restoration of carbon and microbial activity in salt-induced soil by application of peanut shell biochar during short-term incubation study. **Chemosphere**, n. 148, p. 86-98, 2016.

CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A.S.; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 823-831, 2011.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAM, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURVO, R. F.; KONOPA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of American Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, 2010.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 34, p. 277-289, 2010.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**. v. 166, n. 1, p. 61-67, 2001.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Degradação neutra de terra**: o que significa para o Brasil? Brasília, DF: 28 p. 2016.

CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; MARTINETO, L.; SANTOS, G. A. CARBONO PIROGÊNICO. In TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, E. N.; Woods, W. I. **As Terras pretas de índio da Amazônia**: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 420 p.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012.

DENEF, K.; SIX, J.; BOSSUYT, H.; FREY, S. D.; ELLIOTT, E. T.; MERCKX, R.; PAUSTIAN, K. Influence of dry wet cycles on the interrelationship between aggregate, particulate organic matter, and microbial community dynamics. **Soil Biology Biochemistry**. Oxford, v. 33, p. 1599-1611, 2001.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1714-1723, 2012.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. de. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, v. 36, n. 5, p. 640-645, 2013.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, v. 66, p. 95-106, 2002.

GARG, P.; GUPTA, A.; SATYA, S. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: comparative study. **Bioresource Technology**, p. 391-395, 2006.

GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 693-704, 2015.

GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; MARTINEZ, H. E. P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 131-134, 2001.

GUIDINELLE, R. B. **Água residuária de suinocultura e sistema plantio direto no desenvolvimento do milho para produção de silagem**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, 2019.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; MELO NETO, J. O.; REIS, A. F.; LIMA T. S.; SANTANA I. L. Qualidade da Matéria Orgânica do Solo e Estoques de Carbono e Nitrogênio em Fragmento de Mata Atlântica do Município de Neópolis, Sergipe. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 5, 2012.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological Indicator in an Acrisol under tillage systems and organic management in norte Eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.

LEITE, L. F. C.; FERREIRA, J. S.; MARCOS, E. C. V.; FRANCISCO, E. P. M.; JUNIOR, A. F. R. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 394-401, 2015.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, v.1, p. 277-294, 1985.

LIMA, A. M. N.; SILVA, R. I.; NEVES, L. C. J.; NOVAIS, F. R.; BARROS, F. N.; MENDONÇA, E. Sá; DEMOLINARI, M. S. M.; LEITE, F. P. LIMA, A. M. M. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce, MGS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1053-1063, 2008.

LIMA, L. B. de. **Desempenho agrônômico da soja, fertilidade e dinâmica da matéria orgânica em solo sob aplicação de biochar no cerrado brasileiro**. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2014.

LIU, S.; KONG, F.; LI, Y.; JIANG, Z.; HIXIANG; XI, M.; WU, J. Mineral-ions modified biochars enhance the stability of soil aggregate and soil carbon sequestration in a coastal wetland soil. **Catena**, v. 193, p. 104-118, 2020.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e Produtividade Agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. N. V; BARROS, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 1-64.

LOSS, A; FERREIRA, G. W.; COMIN, J. J.; PEREIRA, M. G.; FREO, V. A.; PICCOLO, M. de C.; BRUNETTO, G.. Carbono orgânico total e oxidável em agregados de um argissolo adubado com dejetos suínos. **Ciencia del Suelo**, v. 38, n. 1, p. 12-20, 2020.

LOSS, A; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M.; BEUTLER, S. J. Soil fertility, physical and chemical organic matter fractions, natural <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N abundance in biogenic and physicogenic aggregates in areas under different land use systems. **Soil Research**, v. 52, p. 685-697, 2014.

MADARI, B. E.; COSTA, A. R.; CASTRO, L. M.; SANTOS, J. L.; BENITES, V. M.; ROCHA, A. O.; MACHADO, P. L. O. A. **Biocarvão no solo: aspectos agrônômicos e ambientais**. Goiânia, GO: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Comunicado Técnico 125, 2006. 4 p.

MAIA, C. M. B. de F.; NOVOTNY, E. H.; RITTL, T. F.; HAYES, M. H. B. Soil Organic Chemical and Physical Characteristics and Analytical Methods. **A Review**. Current Organic Chemistry, Hilversum, v. 17, p. 2985-2990, 2013.

MAIA, C. M. B. F.; PARRON, L. M. Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.) **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

MAIA, S. M. F.; OGLE, S. M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 106, n. 2, p. 177-184, 2010.

MARCHETTI, A.; PICCINI, C. R.; FRANCAVIGLIA, R.; MABIT, L. Spatial Distribution of Soil Organic Matter Using Geostatistics: a key indicator to assess soil degradation status in central Italy. **Pedosphere**, v. 22, p. 230-242, 2012.

NEVES, C. S. V. J; FELLER, C; KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica em água quente na estabilidade de agregados de um Latossolo Argiloso. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p.1410–1415, 2006.

OLIVEIRA, R. R. S; WATRIN, O. S.; VALENTE; M. A.; PIMENTEL, G. M. Análise da Vulnerabilidade natural dos solos à erosão como subsídio ao planejamento territorial em área da microbacia do igarapé Peripindeua, Nordeste Paraense. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR. p. 4783-4790, 2011.

OLIVEIRA, R. R. S.; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S. M. N.; LIMA, A. M. M.; ROCHA, E. J. P. Dinâmica de uso e cobertura da terra das regiões de integração do Araguaia e Tapajós/PA, para os anos de 2008 e 2010. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, p. 1411-1424, 2016.

PACHECO, L. P.; PETTER, F. A. Benefits of Cover Crops in Soybean Plantation in Brazilian Cerrados. In: TZI B. N. G. (Org.) **Soybean Applications and Technology**, 4 ed. Rijeka: InTech, 2011, p. 67-94.

PADILHA, K. M.; FREIRE, M. B. G. S.; DUDA, G. P.; SANTOS, U. J.; SILVA, A. O.; SOUZA, E. R. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, n. 38, p. 1377-1386, 2014.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015, 372 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. Editora Nobel, São Paulo, 2010, 549 p.

PULROLNIK, K. **O estoque de carbono no solo em floresta de eucalipto e ILPF.** 2013. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/5-o-estoque-de-carbono-no-solo-em-floresta-de-euca/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1609-1623, 2007.

RITTL, T. F.; ARTS, B.; KUYPER, T. W.; Biochar: An emerging policy arrangement in Brazil. **Environmental Science & Policy**, v. 51, p. 45-55, 2015.  
 ROSCOE, R. Dinâmica da matéria orgânica em solos de Cerrado. **Anais... Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Solos, sustentabilidade e qualidade ambiental.** Recife, UFRP, SBCS, 2005.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas:** modelagem matemática e métodos auxiliares. Embrapa Agropecuária Oeste: Dourados, p. 17-42, 2006.

SÁ, J. C. M.; TIVET, F.; LAL, R., BRIEDIS, C.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. Z.; SANTOS, J. B. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 136, n. 1, p. 38-50, 2014.

SALES, R. P.; PEGORARO, R. F.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; Organic matter fractions of an irrigated oxisol under no-till and conventional tillage in the Brazilian semi-arid region. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 303-312, 2017.

SALVO, L.; HERNANDEZ, J.; ERNEST, O. Distribution of soil organic carbon in different size fractions, under pasture and crop rotations with conventional tillage and no-till systems. **Soil & Tillage Research**, v. 109, p. 116-122, 2010.

SCHMIDT, M. W.; TORN, M. S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSENS, I. A.; KLEBER, M.; KOGEL-KNABNER, I.; LEHMANN, J.; MANNING, D. A. C.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D. P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S. E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, v. 478, p. 49-56, 2011.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, D. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. **Bragantina**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 147-156, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/GBZ8xDRqcMBt4FJYsDFNWqK/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SOUZA, M. N. **Degradação Antrópica e Procedimentos de Recuperação Ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v. 1000. 376p.

SOUZA, M. N. Métodos para a identificação e avaliação de efeitos e impactos ambientais. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. p. 37-115.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v. 5000. 376 p.

STOCKMANN, U.; ADAMS, M. A.; CRAWFORD, J. W.; FIELD, D. J.; HENAKAARCHCHIA, N.; JENKINS, M.; MINASNYA, B.; MCBRATNEY, A. B.; COURCELLES, V. R. de; SINGH, K.; WHEELER, I.; ABBOTT, L.; ANGERS, D. A.; BALDOCK, J.; BIRD, M.; BOOKES, P. C.; CHENU, C.; JASTROW, J. D.; LAL, R.; LEHMANN, J.; O'DONNELL, A. G.; PARTON, W. J.; WHITEHEAD, D.; ZIMMERMANN, M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 164, p. 80-99, 2013.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609-618, 2005.

WANG, J.; XIONG, Z.; KUZYAKOV, Y. Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects. **GCB Bioenergy**, v. 8, p. 512-523, 2016.

ZHANG, X.; QU, J. S.; LI, H.; LA, S. K.; TIAN, Y. Q.; GAO, L. Biochar addition combined with daily fertigation improves overall soil quality and enhances water-fertilizer productivity of cucumber in alkaline soils of a semi-arid region. **Geoderma**, v. 363, p. 114-170, 2020.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 14-20, 2014.

ZONG-MING, W.; BAI, Z.; KAI-SHAN, S.; DIAN-WEI, L.; CHUN-YING, R. Spatial variability of soil organic carbon under maize monoculture in the songnen plain, Northeast China. **Pedosphere**, v. 20, p. 80-89, 2010.

## **Autores**

Maria Amélia Bonfante da Silva, José Carlos Lambert, Otacílio José Passos Rangel, Renato Ribeiro Passos, Aline Marchiori Crespo, Bruno Fazolo Repposi, Alex Justino Zacarias, Marcus Vinícius Campos Gall, Maurício Novaes Souza\*

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

---

## Impactos ambientais sobre a biodiversidade do solo decorrentes do uso do fogo: agroecologia e técnicas de produção sustentáveis

Ediane Lima da Silva, Euliene Pereira Henrique, João Sávio Monção Figueiredo, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Marina Pereira Ribeiro Sardinha, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c7>

### Resumo

O uso do fogo na agricultura é uma prática utilizada para a produção de alimentos, perpetuada no decorrer do tempo: gera grandes impactos à biodiversidade do solo, podendo induzir processos de degradação, tais como erosão e desertificação. Apesar do surgimento de novas técnicas de cultivo alternativos ao sistema de derrubada/queimada, na Amazônia há uma resistência muito forte pelos agricultores familiares à adoção destas. Neste sentido, o presente trabalho objetivou realizar uma pesquisa bibliográfica sobre os principais impactos do uso do fogo na agricultura, a fim de compreender as suas consequências, bem como destacar a utilização de técnicas alternativas que visem a conservação da biodiversidade do solo. Constatou-se que a oposição por parte dos agricultores na Amazônia em aderir novos métodos se pautam em diversos fatores, tais como: inacessibilidades às tecnologias, dificuldades geográficas e falta de assistência técnica. Apesar destes entraves, observa-se que algumas técnicas vêm sendo difundidas na Amazônia, tais como os sistemas agroflorestais (SAF), Roça sem Queima, Plantio Direto, adubação verde e trituração de capoeira. É necessário atentar-se para a criação de métodos de abordagens voltados para a realidade de cada local, a partir de uma visão holística, destacando para os agricultores a viabilidade econômica destas novas metodologias de produção, comparando-as com o sistema de derrubada/queimada.

**Palavras-chave:** Bioma Amazônia. Uso do fogo. Metodologias de cultivo sustentáveis. Viabilidade econômica.

### 1. Introdução

A agricultura de subsistência na Amazônia, assim como em outras diversas localidades do país, é caracterizada pelo uso do fogo: pode se tratar de um ato criminoso ou ser utilizado como técnica de preparo e limpeza das áreas de cultivo. Tal técnica é milenar, perpassando-se pelas gerações - acredita-se



contribuir para a melhoria da produção de alimentos, por deixar o solo mais “fértil e saudável”. Entretanto, estudos apontam ser ilusória tal afirmação, uma vez que após a queima das áreas, os nutrientes ficam voláteis ou no formato de cinza (cálcio, fósforo, magnésio, nitrogênio, potássio, entre outros), proporcionando um primeiro ciclo produtivo; porém, são dispersados pela ação do vento e da chuva no decorrer do tempo, contrastando com os demais ciclos nos quais torna-se praticamente impossível produzir.

Neste modelo de produção, o agricultor opta por abandonar a área agricultada e passa a cultivar em outro local, onde realiza o mesmo processo de preparo da área, tornando a atividade um ciclo vicioso. Como resultado, uma quantidade grande de áreas queimadas e, posteriormente, degradadas e abandonadas, gerando inúmeros impactos para a biodiversidade do solo. Cabe ressaltar que a queima da vegetação, frequentemente, proporciona a remoção da camada superficial do solo, que com o desflorestamento e ao se encontrar descoberto, fica totalmente vulnerável aos diversos aspectos ambientais que induzem processos degradativos: impactos da gota da chuva, lixiviação, erosão e desertificação - causam perdas significativas de nutrientes e da macro e microbiota do solo.

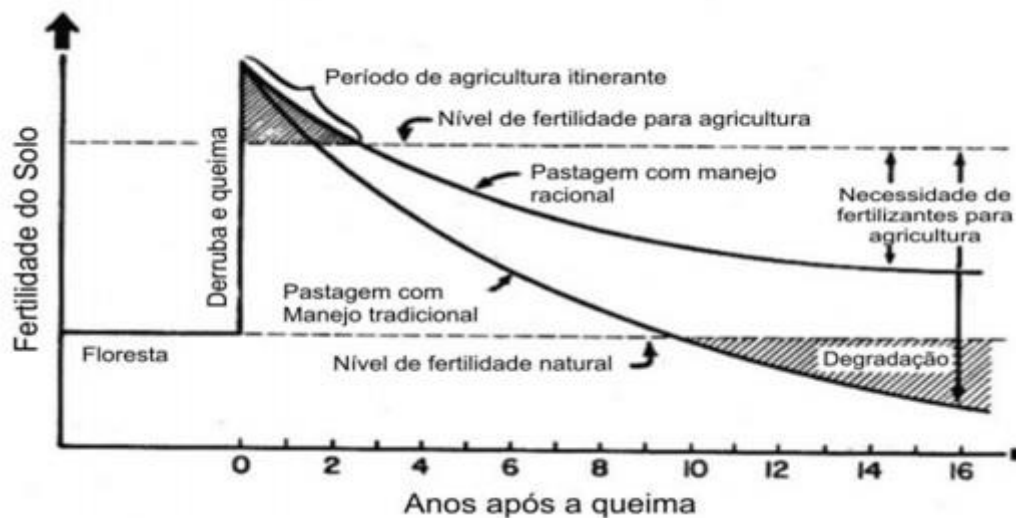
Esse fato pode ser confirmado, por exemplo, nos processos de retirada de madeira sem o devido manejo ou ausência de práticas conservacionistas nos plantios agrícolas subsequentes. Por esse motivo, a devastação decorrente da exploração extrativa de madeira das matas brasileiras de forma predatória, caracterizada pelo nível reduzido de investimento e pela utilização de tecnologia rudimentar, como aquelas praticadas na agricultura de subsistência, vem ocasionando a extinção de espécies florestais de conhecido valor comercial e, principalmente, ecológico (MELO; DURIGAN, 2010; SOUZA, 2018; ANDRADE et al., 2020).

Em decorrência desse fato, de acordo com Lescure et al. (1997), sem que seja considerada a frequência de regeneração para cada espécie, ocorre o comprometimento do seu potencial genético, principalmente pelo fato de que nenhum exemplar adulto é conservado na área em questão. Esse desmatamento descontrolado, seguido de práticas agrícolas que têm como atividade o uso do fogo, tem provocado a ocorrência de inúmeras áreas

degradadas e até mesmo, ecossistemas inteiros, principalmente em solos relativamente pobres (Figura 1).

É importante ressaltar, que em áreas florestais localizadas em clima temperado, a maior parte dos nutrientes do sistema está contida no solo. Nas florestas de clima tropical, como a Floresta Amazônica, parcela significativa da matéria orgânica e dos nutrientes permanece na biomassa vegetal (mais de três quartos de carbono). Ou seja, é o maior reservatório de nutrientes do ecossistema, sendo reciclada nessa estrutura orgânica, com o auxílio de várias adaptações biológicas que conservam os nutrientes, inclusive simbiose mutualística entre organismos e plantas (ODUM, 1988; SOUZA, 2018).

Dessa forma, caso ocorram situações de estresses, como o uso de fogo ou práticas que revolvam demasiadamente o solo, nas plantações florestais tropicais, a depleção de nutrientes causada pela exploração florestal, será muito mais drástica que naquelas de regiões temperadas (BARROS; NOVAIS, 1990).



**Figura 1.** Alterações da fertilidade de um solo relativamente pobre, originalmente revestido de floresta, em consequência da derrubada-queimada e posterior utilização com agricultura itinerante ou formação de pastagem com manejo tradicional. Fonte: Lamprecht (1990).

Apesar de comprovados os impactos do uso do fogo na agricultura, é encontrado na Amazônia uma forte resistência por parte dos agricultores em substituir esse modelo de produção, utilizado *intergeracionalmente*.

Compreender que é possível cultivar sem utilizar em seu manejo o fogo é desconsiderado pela maioria destes atores. Assim, desconhecem a existência de outras técnicas que visam a conservação e preservação das características do solo, tais como os SAF (Sistemas Agroflorestais), a agricultura orgânica, as técnicas de cultivos agroecológicos e as roças tradicionais em sistema de plantio direto (SPD).

Desta maneira, há a necessidade de se pensar em estratégias que introduzam técnicas sustentáveis de produção para os agricultores, bem como aqueles que praticam extração florestal de forma não sustentável, como os garimpeiros e as madeireiras.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou realizar uma pesquisa bibliográfica sobre os principais impactos no solo decorrentes do uso do fogo na agricultura, com foco na região amazônica, a fim de compreender as consequências desta prática para o meio ambiente. Também, destacar a utilização de técnicas alternativas a este modelo de produção, por meio de sistemas que visem a conservação da biodiversidade do solo e do agroecossistema.

## **2. Os impactos do uso do fogo na agricultura**

Dentre todas as atividades que envolvem a agricultura, a técnica de cultivo derrubada/queimada é uma das práticas culturais mais utilizadas e que vem resistindo com o decorrer do tempo: por ser uma forma de cultivo barata de preparo da terra que dispensa a utilização de maquinários. Apesar de séculos após a domesticação do fogo, ainda é a principal ferramenta utilizada nos cultivos agrícolas em todas as regiões do Brasil (REGO; KATO, 2017).

Steward; Rognant; Brito (2016), abordam que esta técnica de cultivo migratória, geralmente se inicia com o desmatamento de pequenas áreas de floresta primária ou secundária. Posteriormente, ocorre a queima deste material derrubado (biomassa) que serve para enriquecer o solo com nutrientes (nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, dentre outros) e facilitar o cultivo, principalmente na fase inicial do plantio (Figura 2). Assim, após esta etapa, frequentemente, é aplicada uma segunda queima, agora a chamada “coivara”. Essa prática é importante por possibilitar a maximização do plantio e pela criação, por intermédio da concentração das cinzas, de pequenos pontos ricos

em nutrientes. Entretanto, de acordo com Silva; Pontes; Amorim (2020), o aumento de N pode ser limitado por ser assimilado pelas plantas e pelos microrganismos do solo. Nestes territórios são plantadas espécies tais como banana, milho, cará e jerimum.



**Figura 2.** Área roçada e queimada no estado do Pará. Fonte: Amazônia Real (2021).

De acordo com Rego; Kato (2017) as queimadas resultam em impactos negativos que abrangem escalas ambientais, econômicas e sociais; reduzem a produtividade agrícola; diminuem a fertilidade do solo; eliminam os microrganismos e os minerais existentes no solo; ocasionam a perda da capacidade do solo em reservar água, intensificando os processos de degradação como erosão e desertificação; compromete a biodiversidade do solo e sua resiliência; reduzem o estoque de carbono agravando o efeito estufa. Ainda, acarretam diversos problemas para a saúde humana, como a intoxicação por inalação de fumaça, o que pode levar à morte por asfixia, propiciando o agravamento de doenças respiratórias e problemas gastrointestinais, impactando diretamente a economia.

O fogo destrói a vida microbiana do solo, animais e insetos, alterando o equilíbrio do meio ambiente. De acordo com Silva; Pontes; Amorim (2020), existe espécies de fungos que são adaptadas, desenvolvendo-se bem após as queimas; contudo, existem aquelas que são suscetíveis ao fogo: com a queima da biomassa do solo e a elevação da temperatura, ocasiona a morte dos microrganismos.

Os microrganismos do solo e a serapilheira têm papel importante no ecossistema, como a transferência de carbono do ecossistema para atmosfera por meio da decomposição da matéria orgânica; porém, são suscetíveis às mudanças associadas ao clima, como umidade, temperatura e quantidade de matéria orgânica. De acordo com esses mesmos autores, o processo de combustão libera compostos tóxicos, como policloradas dibeno-p-dioxinas (PCDDs) dibenzofuranos (PCDFs) e hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAHs) - são liberados e distribuídos no solo, causando efeitos drásticos na biota. As cinzas aumentam o pH do solo - favorece o crescimento de bactérias e promove o declínio dos fungos.

Desta maneira, como alternativa ao uso do fogo na agricultura, a EMBRAPA e diversas Instituições de pesquisas, vêm pesquisando e desenvolvendo sistemas de produção sustentáveis, que não carecem do fogo para limpeza ou manutenção. Entre essas tecnologias, destacam-se os sistemas agroflorestais (SAF), o sistema plantio direto (SPD) e a roça sem fogo (SÁ et al., 2007; REGO; KATO 2017).

O fato é que os prejuízos das queimadas são incontestáveis. Contudo, de acordo com a Amazônia Real (2021), ao considerar a realidade do pequeno produtor, é preciso questionar se ele tem condições de substituir o processo de corte e queima. Segundo pesquisa da Rede Amazônia Sustentável (RAS), na qual foram entrevistados 576 pequenos produtores, 56% afirmaram não ter condições financeiras e técnicas para praticar uma agricultura livre do fogo. Por outro lado, os donos de propriedades com mais de 500 ha, optam por uma agricultura livre de queimadas, via mecanização.

## 2.1. Parâmetros legais

A Legislação Brasileira vem se aprimorando ao longo do tempo: permite a queima mediante a autorização dos órgãos responsáveis. Mesmo com a legislação, a falta de fiscalização permite a destruição da biodiversidade pelos incêndios florestais (CABRAL et al., 2013).

A lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, e o Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998, proíbem a utilização do fogo nas vegetações ciliares e em áreas de preservação permanente (APP), com exceção na sua utilização na limpeza de pastagens, por exemplo, com a autorização do poder público (BRASIL, 1998). Essa lei permite a utilização do fogo em queimas controladas, como em pastagens.

De acordo com IBAMA (2017) é considerado queima controlada o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades florestais e agropastoris, como consta no Decreto 2.661/1998; cada estado tem legislações específicas. O fogo pode ser utilizado para finalidade de pesquisa científica e tecnológica em áreas com limites físicos, e que sejam previamente definidos. É permitido, também, nas práticas de prevenção e combate aos incêndios ou para agricultura familiar de subsistência de povos tradicionais e indígenas. O Decreto nº 10.735, de 28 de junho de 2021, suspende o uso de fogo em práticas agropastoris e florestais em todo o Brasil pelo prazo de 120 dias, nos mesmos termos do ano de 2020 (BRASIL, 2021).

O emprego de fogo em práticas agropastoril e florestal é disciplinado no Código Florestal, artigo 38, inciso I e Decreto Federal nº 2.661/1998, ou seja, para que a prática seja permitida ela deve seguir regras pré-estabelecidas, bem como ser autorizada face aos riscos ambientais de tal prática.

Ressalta-se que a suspensão temporária para o ano de 2021 não se aplicou em alguns casos, conforme exposto no artigo 1º, parágrafo único do Decreto nº 10.735/2021, tais como:

- ✓ Práticas de prevenção e combate a incêndios realizadas ou supervisionadas pelas instituições públicas responsáveis pela prevenção e pelo combate aos incêndios florestais no país;
- ✓ Práticas agrícolas de subsistência executadas pelas populações tradicionais e indígenas;

- ✓ Controle fitossanitário, desde que autorizado pelo órgão ambiental competente.

Por fim, restam liberadas as queimas controladas, desde que sejam realizadas em áreas não localizadas nos biomas da Amazônia e Pantanal (Artigo 1º, inciso V), bem como sejam imprescindíveis à realização de práticas agrícolas e previamente autorizadas pelo órgão ambiental estadual ou distrital (Artigo 1º, inciso V, alínea a e b).

A medida aplicada ao ano de 2021 reforça o papel da União, munida do auxílio dos Estados e Municípios, no combate e controle aos incêndios ocasionados em todo território nacional.

Como foi publicado por Modelli (2021) no jornal G1, em julho de 2021, mesmo com decreto de proibição de queimada, a Amazônia registrou 4.977 focos de queimadas no mês de julho. Os dados podem ser acompanhados pelo site do INPE:

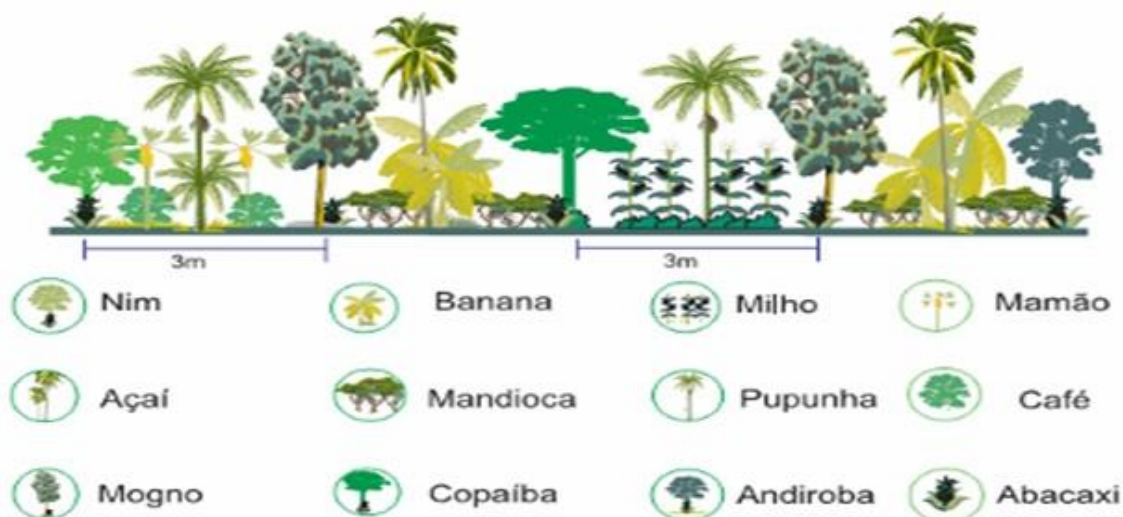
<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>.

## **2.2. Técnicas de produção sustentáveis alternativas ao uso do fogo na agricultura**

### **2.2.1. Sistemas agroflorestais (SAF)**

De acordo com o Portal Embrapa (2020), os SAF são sistemas produtivos econômico, sustentável e sociocultural, baseados na sucessão ecológica; ou seja, pensados de acordo com a dinâmica dos ecossistemas naturais, em que árvores exóticas ou nativas são consorciadas com culturas agrícolas, trepadeiras, forrageiras, arbustivas, de acordo com um arranjo espacial e temporal pré-estabelecido: estes sistemas são caracterizados pela alta diversidade de espécies e interações entre elas.

Os SAF possuem grande semelhança com os ecossistemas naturais, apresentando biodiversidade elevada, complexa estrutura e grande acúmulo de biomassa (Figura 3).



**Figura 3.** Exemplificação de esquema de Sistemas Agroflorestal. Fonte: EMBRAPA (2020).

Exploram a relação ecológica entre plantas e animais, preservam o solo por meio da ciclagem de nutrientes e combatem a erosão, aproveitam melhor a radiação solar e não necessitam de adubos químicos (ABDO; VALERI; MARTINS, 2008; VIEIRA et al., 2015). Também, promovem a melhoria dos indicadores químicos do solo em decorrência do aumento do pH, reduz a saturação por alumínio, aumenta os teores de nutrientes e melhora a estabilidade da qualidade química do solo, aumenta o incremento de carbono e nitrogênio: tudo isso proveniente da grande quantidade de espécies que disponibilizam para o solo alto teor de matéria orgânica (SILVA; PONTES; AMORIM, 2020).

Os SAF, assim como as queimadas, tem um baixo custo de manejo: tem como princípio a experiência que vem sendo passada ao longo das gerações. De acordo com Silva; Pontes; Amorim (2020), as dificuldades de implementação dos SAF são de cunho técnico-científico e de ordem política e socioeconômica. Uma das alternativas para sua execução são políticas públicas que tenham como base o saber técnico-científico, com base sociocultural local, estimulando a sua implementação e, assim, favoreçam a comercialização desses produtos (Figura 4).





**Figura 4.** Café com seringueira: Projeto Biomas, Sooretama, ES. Fonte: INCAPER (2019).

A agrofloresta é definida como o conjunto de técnicas, princípios e conhecimentos agroecológicos que viabilizam a produção de alimentos em conjunto à regeneração natural de florestas. É também conhecida como agricultura sintrópica e, seus objetivo e dinâmica, estão muito ligados à permacultura. É um tipo de plantio sustentável feito a partir de culturas consorciadas, que trazem benefícios mútuos e aumentam o rendimento da cultura, de forma integralizada. Dessa forma, é possível possuir uma produção constante, que rende colheitas constantes e mais seguras. Além de todos esses benefícios, a agrofloresta é ecológica e sustentável, contribuindo para o equilíbrio do ecossistema e nutrição dos solos (SOUZA et al., 2020).

### **2.2.2. O Sistema Plantio Direto (SPD)**

O Sistema Plantio Direto (SPD) é caracterizado por ser uma técnica agrícola sustentável e reconhecida em todo mundo (SILVA; PONTES; AMORIM, 2020). Desde o início de sua utilização no Brasil, em 1990, contribuiu para a diminuição de diversos danos ao solo e para a emissão de gases poluentes no ambiente. Além disso, esse sistema colabora diretamente para a manutenção da qualidade do solo, possibilitando condições ideais para o desenvolvimento das próximas culturas que virão a ser cultivadas nas áreas em que são utilizadas estas práticas (Figura 5). Contribui, ainda, para conservar a saúde, fertilidade do

solo e diminuir os impactos da gota da chuva no solo, erosões e perdas de nutrientes por influência eólica (MOTTER et al., 2015).



**Figura 5.** Cultivo da mandioca em sistema de Plantio Direto. Fonte: Silva; Pontes; Amorim (2020).

O SPD preconiza que não se realize as etapas de preparo do solo, como aração e gradagem. O solo é mantido coberto pela matéria orgânica seca de origem das próprias plantas que estavam na área cultivada anteriormente à cultura de interesse. Esse sistema segue três pressupostos básicos: o não revolvimento do solo, a rotação de culturas e a cobertura permanente do solo com palha (SILVA; PONTES; AMORIM, 2020). A plantação de mandioca é um exemplo de cultura adaptada ao plantio direto: confere estabilidade produtiva e conservação ambiental. De acordo com esses mesmos autores, a região centro-sul concentra 80% da produção brasileira de fécula de mandioca, o amido extraído da raiz.

### **2.2.3. Roça sem fogo**

Modesto Junior; Alves (2016) enunciaram que o sistema de roça sem fogo (Figura 6), incide no preparo de área sem utilização do fogo: corte da vegetação de capoeira de até 10 anos de idade próximo ao solo, com o uso de ferramentas manuais. Logo após, realiza-se um inventário das espécies de valor econômico

encontradas na área, tais como fruteiras e essências florestais, visando a preservação e, ou, conservação no roçado, e posterior retirada do material lenhoso, realizando o picotamento/corte da copa das árvores, mantendo-as na superfície do solo e fazendo o aceiro.



**Figura 6.** Roça de mandioca sem fogo. Fonte: Modesto Junior; Alves (2016).

Terminadas estas etapas iniciais, conclui-se com o plantio da mandioca ou espécies perenes. As principais vantagens destes sistemas são: a redução da erosão pela manutenção da matéria orgânica no solo; a liberação gradual de macro e micronutrientes; a melhoria da estrutura física do solo; a promoção da maior retenção de água no solo; e o aumento da atividade microbiana do solo.

#### **2.2.4 Corte e trituração**

Com o sistema de cultivo da terra utilizando fogo, as áreas onde essas práticas acontecem são abandonadas por apresentar redução nos nutrientes e baixa capacidade de regeneração. Onde anteriormente era mata, desenvolve-se um cenário secundário (capoeira), que tem um importante papel ecológico. De acordo com Borges et al. (2011), quando bem manejado e com conhecimento de suas potencialidades, o sistema de corte e trituração da biomassa aérea dessa vegetação secundária como planta de cobertura morta tem efeito benéfico para o solo e para as plantas. Esse sistema pode ser manejado com incremento

de leguminosas arbóreas de rápido crescimento, acelerando e aumentando o acúmulo de biomassa e nutrientes.

Utiliza-se do sistema de corte e trituração da vegetação visando o incremento de biomassa para posteriormente realizar o plantio das culturas: melhora as qualidades físicas e hídricas do solo (Figura 7). Esse sistema evita perda de nutrientes, melhorando as condições físicas, biológicas e químicas do solo, quando comparado ao sistema de queima. Diminui em cinco vezes a emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e acaba com os riscos de incêndios acidentais (SAMPAIO; KATO; SILVA, 2008; BORGES et al., 2011).



**Figura 7.** Modelo de tritadeira usada para preparo de área via corte – mulch: Tritucap - FM 600 da AHWI. Fonte: Sampaio; Kato; Nascimento-e-Silva (2008).

De acordo com Sampaio; Kato; Nascimento-e-Silva (2008), a geração de tecnologia do corte e trituração da capoeira sem queima, aponta diretrizes que permitem garantir a segurança das comunidades locais, impedindo os impactos aos ecossistemas e a degradação humana. Particularmente na Amazônia, configura-se em uma das formas mais adequadas: permite a justaposição de

tecnologias de ponta com os conhecimentos sobre a natureza disponíveis pelas comunidades regionais, respondendo às necessidades locais de sobrevivência e à melhoria da qualidade de vida, ao mesmo tempo em que incrementa o uso sustentado dos recursos naturais.

### **2.2.5. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é um sistema de produção sustentável, que combina árvores com culturas agrícolas e pastagens, respeitando os preceitos de segurança alimentar e de agricultura sustentável (NOGUEIRA et al., 2016)

O pasto, que é formado após a colheita da lavoura, servirá para alimentação dos animais, determinando parte do lucro pós-lavoura. Os demais lucros serão advindos das frutas e das madeiras gerando retorno econômico em curto, médio e longo prazo (Figuras 8 e 9). Além do retorno econômico, este sistema proporciona o bem-estar animal, por meio do conforto térmico; e aumenta a vegetação arbórea nas propriedades rurais, reduzindo a amplitude térmica, aumentando a umidade relativa do ar, criando barreiras de vento e realizando a ciclagem de nutrientes (SILVA; PONTES; AMORIM, 2020).



**Figura 8.** Gado de leite com Grevílea - Emiliano Santarosa, PR. Fonte: EMBRAPA (2019).



**Figura 9.** Cultivo do plantio e renovação de pastagem. Fonte: EMBRAPA (2019).

### 3. Análise da agricultura na região Amazônica

Apesar dos avanços e do surgimento de técnicas de produção alternativas ao uso do fogo na agricultura amazônica, ainda é encontrada uma resistência muito grande, principalmente pela agricultura de base familiar, em aderir a estas novas iniciativas de produção. Entretanto, ao se fazer uma análise crítica em relação a essa abordagem, é observado que a maioria destes atores não tem acesso a essas novas tecnologias: por habitarem áreas distantes e, ou, sem acesso à *internet*, ou até mesmo haver ausência de assistência técnica.

Cabral et al. (2013) argumentam que todos os anos grandes áreas de floresta nativa na Amazônia são perdidas para os incêndios florestais: sejam estes de ocorrência natural, ou devido ao sistema de produção agrícola de corte e queima. Apesar do conhecimento da sociedade dos impactos causados pelo fogo para a sustentabilidade ambiental, a extinção dessa ferramenta agrícola é muito complexa, quando consideradas as poucas alternativas viáveis e acessíveis aos pequenos e isolados produtores da região.

É de suma importância que haja uma reflexão acerca de como estão sendo abordados esses novos métodos de produção no meio rural, assim como

a viabilidade destas tecnologias para as diferentes realidades encontradas no bioma Amazônia. Todavia, apesar dos entraves para a difusão das práticas de produção alternativas sustentáveis ao uso do fogo, algumas dessas vêm sendo desenvolvidas na Amazônia brasileira, contribuindo para a manutenção e preservação da biodiversidade do solo.

Santos et al. (2016), relataram que no quilombo do Abacatal em Ananindeua, Pará, algumas famílias, por meio da participação em cursos e capacitações sobre sistemas alternativos de produção de alimentos, apostaram no cultivo utilizando SAF. Aproveitaram as áreas de capoeiras resultantes do processo de corte e queima, após dois anos de ciclo da cultura da mandioca, passando a cultivar plantas perenes e frutíferas tais como açaí, pupunha e laranja.

Carvalho et al. (2018), em um estudo sobre a percepção de agricultores familiares no nordeste paraense sobre a contribuição dos SAF no sistema de produção, relataram que para os agricultores entrevistados, a principal contribuição dos SAF, quando comparado ao sistema convencional de produção, é a reposição de nutrientes essenciais para a manutenção da fertilidade do solo. Perceberam que ao substituir o uso do fogo por métodos de manejo que garantem a cobertura do solo, ocorreram mudanças significativas na produção, ocasionada pela diversidade de culturas implantadas nos SAF, na renda por produzirem maior variedade de espécies, bem como na garantia da alimentação familiar.

#### **4. Considerações finais**

É notório que o combate ao uso do fogo na agricultura ainda é um desafio, principalmente no bioma Amazônia, quando considerados as especificidades das várias realidades amazônicas. É inegável que o uso do fogo na agricultura precisa ser analisado a partir de uma visão holística, considerando não apenas a redução dos índices de áreas degradadas por esta prática, mas pela inserção de técnicas sustentáveis de produção.

São muitos os fatores que contribuem para as queimadas: extração madeireira ilegal, mudança climática (que resulta em estiagens mais longas), florestas degradadas, caça predatória, abertura de clareiras, garimpos, manejo

do solo por meio do processo de corte e queima. O fato é que as queimadas praticadas na Amazônia – inclusive aquelas que acontecem no interior da floresta – são resultado da ação antrópica. A falta de responsabilização das pessoas envolvidas pelos crimes ambientais e de políticas públicas agravam o processo de destruição.

Assim, todos os anos grandes áreas de floresta nativa na Amazônia são perdidas para os incêndios florestais. Apesar do conhecimento da sociedade em relação aos impactos causados pelo fogo para a sustentabilidade ambiental, a extinção dessa ferramenta agrícola é muito complexa, quando consideradas as poucas alternativas viáveis e acessíveis aos pequenos e isolados produtores.

Desta maneira, é necessário pensar no uso do fogo na Amazônia por uma visão macro, muito além da resistência da técnica de cultivo por parte dos agricultores de base familiar, e, ou, dos problemas geográficos que dificultam ações de fiscalização: há de considerar principalmente o acesso e viabilidade das novas técnicas de produção para as populações amazônicas, bem como as características ambientais de cada localidade.

Vale ressaltar, que os agricultores tradicionais necessitam ter resultados concretos da viabilidade destas novas tecnologias, pois estão adaptados ao método de cultivo que empregam e acreditam ter efeitos positivos. Deste modo, é de suma importância pensar em formas e métodos de abordagens adequadas que possam atrair, gerar curiosidade e credibilidade da funcionalidade destas novas tecnologias, comparando os benefícios na produção em relação ao sistema de derrubada/queimada.

Na Amazônia, muito tem sido feito em benefício do grande proprietário de terra, mas não há estudos que acompanhem a trajetória rural das comunidades tradicionais: sem dúvida, estão à margem das políticas de incentivo. Há uma demanda real de incentivos para essas comunidades, tanto de acesso à terra quanto de assentamento e crédito rural. Quando se fala do uso do fogo não há uma uniformidade: têm uma compreensão de que essa talvez não seja a melhor técnica, mas ainda não detém o conhecimento suficiente para abandonar o uso do fogo, tecnologia ultrapassada, e não têm acesso a novas tecnologias de preparo do solo.



## 5. Referências

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas Agroflorestais e Agricultura Familiar: Uma Parceria Interessante. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.

AMAZÔNIA REAL. **Queimadas destroem 78% da biodiversidade da Amazônia**. 2021. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/queimadas-destroem-78-da-biodiversidade-da-amazonia/>. Acesso em: 23 abr. 2022.

ANDRADE, D. F.; RUSCHEL, A. R.; AVILA, A. L. de; GAMA, J. R. V. Composição e estrutura de uma floresta primária atingida por incêndio florestal na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 145-160, 2020.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Algumas relações solo-espécie de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, p. 1-24. 1990.

BORGES, A.; CHRISTINA, M. R.; KATO, O. R.; PINHEIRO, H. A.; SHIMIZU, M. K.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; JUNIOR, M. C. M. de O. Crescimento e produção de fitomassa de variedades de milho em diferentes manejos da capoeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p.143-151, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 10.735, de 28 de junho de 2021**. Presidência da república, casa civil, subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10735.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10735.htm)>. Acesso em: 07 out. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998**. Presidência da república, casa civil, subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2661.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2661.htm)>. Acesso em: 07 out. 2021.

CABRAL, A. L. A.; MORAS FILHO, L. O.; BORGES, L. A. C. Uso do fogo na agricultura: legislação, impactos ambientais e realidade na Amazônia. Periódico eletrônico. **Fórum Ambiental da Ata Paulista**, v. 9, n. 5. p. 159-172, 2013.

CARVALHO, R. da C.; CARNEIRO, R. D. V.; NAVIGANTES-ALVES, L. D. F.; MESQUITA, J. R. C. A percepção de agricultores familiares do nordeste paraense sobre a contribuição dos sistemas agroflorestais no sistema de produção. **Cadernos de Agroecologia**. Anais do VI CLAA X CBA E VMDF, v. 13, n. 1, 2018.

EMBRAPA. Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf>. Acesso em: 02 maio 2022.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Queima controlada**. 2017. Disponível em:

<<http://ibama.gov.br/incendios-florestais/queima-controlada>>. Acesso em: 06 out. 2021.

INCAPER. **Café consorciado com seringueira**. 2019. Disponível em: [http://ead.senar.org.br/wp-content/uploads/capacitacoes\\_conteudos/bioma\\_mata\\_atlantica/](http://ead.senar.org.br/wp-content/uploads/capacitacoes_conteudos/bioma_mata_atlantica/). Acesso em: 05 maio 2022.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Alemanha: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttinger. 1990. 343 p.

LESCURE, J. P.; PINTON, F.; EMPERAIRE, L. Povos e produtos da floresta na Amazônia Central: o enfoque multidisciplinar do extrativismo. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (org.) **Gestão de recursos naturais renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez Editora. p. 433-468. 1997.

MELO, A. C. G. de; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 37-50, 2010.

MODELLI, L. **Amazônia registra quase 5 mil focos de queimadas em julho mesmo com decreto que proíbe o uso do fogo**. G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/amazonia/noticia/2021/08/03/amazonia-registra-quase-5-mil-focos-de-queimadas-em-julho-mesmo-com-decreto-que-proibe-o-uso-do-fogo-veja-imagens.ghtml>>. Acesso em: 20 out. 2021.

MODESTO JUNIOR, de S.; ALVES, R. N. B. Editores Técnicos. **Cultura da Mandioca: Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Embrapa Amazônia Oriental. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1056630/cultura-da-mandioca-aspectos-socioeconomicos-melhoramento-genetico-sistemas-de-cultivo-manejo-de-pragas-e-doencas-e-agroindustria>. Acesso em: 12 abr. 2022.

MOTTER, P. A.; ALMEIDA, H. G. de; VALLE, D.; MELLO, I. **Plantio Direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015.

NOGUEIRA, A. K. da S.; RODRIGUES, R. de A. R.; SILVA, J. J. N. da; BOTIN, A. A.; SILVEIRA, J. G. da; MOMBACH, M. A.; ARMACOLO, N. M.; ROMEIRO, S. de O. Fluxos de óxido nitroso em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 51, n. 9, p. 1156-1162, 2016.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

PECHE FILHO, A. **Mecanização do Sistema de Plantio Direto**, 2015. Disponível em:

[https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/LIVRO\\_PLANTIO\\_DIRETO\\_WEB.pdf](https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/LIVRO_PLANTIO_DIRETO_WEB.pdf). Acesso em: 15 jan. 2020.

Portal EMBRAPA. **Plantio Direto**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/international>> acesso em: 29 out. 2021.

REGO, A. K. C.; KATO, O. R. Agricultura de corte e queima e alternativas Agroecológicas na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 20, n. 3, p. 203-224, 2017.

SÁ, T. D. de A.; KATO, O. R.; CARVALHO, C. J. R. de; FIGUEIREDO, R. de O. Queimar ou não? De como produzir na Amazônia sem queimar. **Revista USP**, São Paulo, n. 72, p. 90-97, 2007.

SAMPAIO, A. B.; BERLINCK, C. N.; MIRANDA, H. S.; SCHMIDT, I. B.; RIBEIRO, K. T. Manejo do fogo em áreas protegidas. Editorial-número temático. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 1-3, 2016.

SAMPAIO, C. A.; KATO, O. R.; NASCIMENTO-E-SILVA, D. Sistema de corte e trituração da capoeira sem queima como alternativa de uso da terra, rumo à sustentabilidade florestal no nordeste paraense. **RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 41-53, 2008.

SANTOS, I. C. S.; COSTA, A. N.; MARTINS, H. F.; DE SOUZA, A. C.; DE SOUZA, I. A. S. Agricultura familiar no quilombo de Abacatal: Os moldes de produção são sustentáveis? **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.

SILVA, C.; PORTELLA, A. C. F.; GIONGO, M. Meta-análise de estudos sobre o efeito do fogo nos biomas florestais em relação aos microrganismos fúngicos. **Advances in Forestry Science**. v. 7, n. 1, p. 931-938, 2020.

SILVA, J. L. C. T. da; GARCIA, E. Vantagens da substituição do fogo por práticas agrícolas sustentáveis. **Anais Sintagro**. Ourinhos – SP. v. 11, n. 1, p. 424-431, 2019.

SILVA, T. P.; PONTES, A. N.; AMORIM, I. A. Alternativas ao uso do fogo na agricultura como forma de mitigar queimadas na Amazônia. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 985-996, 2020.

SOUZA, I. I. de M.; ARAÚJO, E. da S.; JAEGGI, M. E. P. C.; SIMÃO, J. B. P.; ROUWS, J. R. C.; SOUZA, M. N. Effect of Afforestation of Arabica Coffee on the Physical and Sensorial Quality of the Bean. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 42, n. 7, p. 133-143, 2020.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Novas Edições Acadêmicas/SAI OmniScriptum Publishing: Brivibas gatve 197, LV-1039, Riga, Letônia, União Europeia, 2018. 364 p.

STEWART, A. M.; ROGNANT, C.; DO BRITO, S. V. Roça sem fogo: a visão de agricultores e técnicos sobre uma experiência de manejo na Reserva de

Desenvolvimento Sustentável Amanã, Amazonas, Brasil. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**. v. 6, n. 2, p. 71-87, 2016.

VIEIRA, M. V. M.; GIUNTI, O. D.; SILVA, A. V.; GRIS, C. F. Influência de sistemas agroflorestal e convencional sobre teores nutricionais do solo em PIUMHI/MG. **Anais...** XII Congresso Nacional de Meio Ambiente, Poços de Caldas, MG. v. 7, n. 1, p. 293, 2015.

## **Autores**

Ediane Lima da Silva, Euliene Pereira Henrique, João Sávio Monção Figueiredo, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Marina Pereira Ribeiro Sardinha, Maurício Novaes Souza\*

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

## CAPÍTULO 8

---

### Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração

Priscila Moreira Curtis Peixoto, Evaldo de Paula, Credigar Gonçalves Moreira, Sílvia Aline Bérghamo Xavier, Igor Borges Peron, Maria Amélia Bonfante da Silva, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c8>

#### Resumo

A atividade de mineração provoca alterações significativas no local onde é praticada. Objetivando a recuperação da qualidade ambiental destas áreas, a *Política Nacional do Meio Ambiente* de 1981, instituiu a obrigação de se recuperar as áreas degradadas (RAD) pelas empresas. Conforme este Decreto, regulamentado em 1989, todos os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão submeter um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), criando a obrigatoriedade de que todo empreendimento mineral deverá apresentar o PRAD juntamente com o Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA. A RAD deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção da estabilidade do meio ambiente. O plano prefixado e requerido por ocasião do PRAD pode causar discussão quando não se define adequadamente a destinação do local, após a realização das atividades do empreendimento. Recomenda-se que todo PRAD seja claro, objetivo e factível. Seu principal objetivo é recuperar a função de uma área degradada e seu ecossistema a uma condição mais próxima de sua condição anterior à degradação. É prioritário o plantio de espécies nativas para promover a reintegração de plantas e animais na área. As principais estratégias do PRAD são as operações de restauração e reabilitação dos locais afetados pelas atividades produtivas, visando principalmente a revegetação via: medidas de sistematização de terreno; restabelecimento da cobertura vegetal; plantio de espécies arbóreas por muda; semeadura direta (“muvucas de sementes”); técnicas nucleadoras; condução da regeneração natural; adubação verde, entre outras.

**Palavras-chave:** Solo degradado. Legislação ambiental. Fertilidade. Fabáceas

#### 1. Introdução

A prática de mineração tem um papel fundamental na economia: porém, afeta constantemente o meio ambiente. De acordo com Mechi; Sanches (2010)

e *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2011), essa prática provoca desmatamento, poluição hídrica, poluição sonora, subsidências<sup>14</sup> do terreno, assoreamento de rios, impactos visuais, paisagísticos e sobre fauna e flora, além de uma elevada produção de rejeitos

Os rejeitos são consequências dos métodos de tratamento a que são sujeitos os minérios, sendo criados, simultaneamente, ao produto de interesse. Com este fato, grandes empresas mineradoras têm investido na extração de minérios de baixo teor que chegam a apresentar quantidades de ferro inferiores a 40% (VALE, 2012).

A recuperação de áreas degradadas é uma prática amplamente utilizada em AIA de projetos de mineração, sendo considerada em estudos feitos desde a fase de planejamento quando se elabora o PRAD, até os relacionados à inativação do empreendimento (LONGO et al., 2019).

O retorno do “Topsoil”<sup>15</sup> e, ou, a utilização de substitutos, como o plantio de espécies vegetais com destaque às fabáceas (leguminosas), é uma recomendação e exigência básica para os procedimentos de RAD. O sucesso da recuperação abrange outros aspectos, além do uso de espécies resistentes, que são a recuperação da fertilidade do solo, por meio de condicionadores, adubação, fixação biológica, ação de micorrizas e a sucessão ecológica, pois partículas ou elementos estéreis da mineração são limitantes ao desenvolvimento das plantas (COSTA et al., 2018; SOUZA, 2018).

A adubação verde é uma prática que aporta elevada quantidade de matéria orgânica ao solo, por meio de exsudatos de raízes, biomassa radicular e foliar, ácidos orgânicos e diversas substâncias elaboradas, favorecendo os atributos físicos e a ciclagem dos nutrientes do solo. Conforme Alcântara et al. (2000), a sua utilização gera impactos positivos nas propriedades químicas do solo que mudam de acordo com a espécie usada, manejo dado à biomassa, época de plantio e corte, tempo de permanência dos resíduos no solo, condições do local e interação entre esses fatores.

Dentre os grupos de plantas que são utilizadas como adubo verde, destacam-se as fabáceas: além de promoverem melhorias no ambiente como algumas outras espécies, elas têm o potencial de acumular nitrogênio (N) por

---

<sup>14</sup> Afundamento abrupto ou gradativo da superfície da terra, com pouco ou nenhum movimento horizontal.

<sup>15</sup> Camada superior do solo, que apresenta maior fertilidade.

meio da fixação biológica e gerar elevada quantidade de massa rica em elementos minerais (PAULO et al., 2006; SOUZA, 2018). O cultivo de fabáceas apropriadas para uma eficiente cobertura vegetal e de formar simbiose com bactérias fixadoras de N atmosférico e com fungos micorrízicos, além de mostrar resultados positivos, tem sido vista como uma atividade viável na recuperação destas áreas (NOGUEIRA et al., 2012).

O presente capítulo discute a atividade de mineração e a disposição de seus resíduos no ambiente, bem como o potencial de algumas fabáceas: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), crotalária (*Crotalaria* spp.) e mucuna (*Mucuna* spp.), na recuperação destas áreas degradadas por rejeito de minério.

## 2. Extração e resíduos de minério

A extração do minério e seu beneficiamento nas unidades mineiras produzem uma quantidade crescente de rejeitos, devido: ao acréscimo da produção, em função da alta demanda mundial; e dada à exaustão de jazidas de maior teor, a entrada em operação de jazidas de baixo teor (MENDES, 2007; GUIMARÃES, 2011). Os resíduos de minas são preocupantes não apenas em função da grande quantidade produzida, mas pela ocorrência de elementos potencialmente tóxicos (LOTTERMOSE, 2010) (Figura 1).



**Figura 1.** Área de rejeito de mina de minério de ferro.  
Fonte: CONHECIMENTOCIENTIFICO (2019).

Geralmente, esses resíduos de minas sólidas são translocados hidráulicamente para rejeitos de barragens perto do local da mina - impactam o ambiente, por tomarem vastas áreas para a sua disposição, provocarem a supressão da vegetação e prejudicarem a qualidade física e química de águas superficiais e subterrâneas, entre outros. Relaciona-se também às barragens de rejeito os riscos ambientais e à segurança de um rompimento das estruturas de contenção (ICOLD, 2001; SOUZA, 2018).

Esses depósitos de resíduos são sujeitos às falhas devido, em parte, aos custos de manutenção, que se mantêm elevados mesmo depois do fechamento da mina, a falta de regulamentação adequada e os enganos de engenharia no seu projeto (RICO et al., 2008; AZAM; LI, 2010). Como consequência direta dessa instabilidade, o número de falhas de barragens de rejeitos descritas está aumentando progressivamente em todo o mundo, com a ocorrência de pelo menos um acidente grave anualmente nos últimos vinte (20) anos (WISE, 2017).

Um das tragédias desse setor foi o rompimento da barragem da SAMARCO em Brumadinho (25/01/2019) - o maior acidente de trabalho no Brasil em perda de vidas humanas (270 pessoas mortas e 06 desaparecidos) e o segundo maior desastre industrial do século (Figura 2). Foi um dos maiores desastres ambientais da mineração do país, depois do rompimento de barragem em Mariana. Os municípios mais afetados foram Brumadinho e Rio Paraopeba, MG, além das águas poluídas que afetaram várias cidades, principalmente na bacia do rio Doce (CONHECIMENTOCIENTIFICO, 2019).

O rompimento da barragem da “Mina Córrego do Feijão”, MG, ocorreu de forma abrupta e violenta, causando uma avalanche de lama e rejeitos de minério de ferro (aproximadamente 1,3 milhão de toneladas) que soterrou parte da comunidade da Vila Ferteco, área rural do município, às margens do rio Paraopeba. Segundo a Vale, em torno de 300 funcionários atuavam no local no momento quando ocorreu o rompimento da barragem na Mina Feijão: estava desativada desde 2015.

Esse acidente ocorreu há pouco mais de três anos após o trágico rompimento de uma das lagoas de rejeito da Samarco, em Mariana. O caso emblemático que ocorreu no dia 5 de novembro de 2015, quando uma das barragens de rejeito da mineradora SAMARCO (controlada pela Vale e BHP Biliton), rompeu-se, continua sem solução! Cerca de 32 milhões de m<sup>3</sup> de minério de ferro altamente



contaminante, invadiram rios e municípios, degradando-os: 700 km de curso de água foram afetados, principalmente o Rio Doce.



**Figura 2.** Rompimento da barragem de Brumadinho. Fonte: Mídia Ninja (2019).

De acordo com um comunicado da Organização das Nações Unidas (ONU), três anos depois da tragédia, as medidas tomadas pela empresa podem ser assim classificadas: “São simplesmente insuficientes para lidar com as massivas dimensões dos custos humanos e ambientais decorrentes desse colapso, que tem sido caracterizado como o pior desastre socioambiental da história do país”.

Dessa forma, observa-se que é assustador o descaso dessa e de tantas outras empresas, posto que as leis que tratam do meio ambiente no Brasil estão entre as mais completas e avançadas do mundo. Até meados dos anos da década de 1990, a legislação cuidava separadamente dos bens ambientais de forma não relacionada. Com a aprovação da Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605 de 13 de fevereiro de 1998), a sociedade brasileira, os órgãos ambientais e o Ministério Público, passaram a contar com um mecanismo para punição aos infratores do meio ambiente. Em seu Capítulo I, nas Disposições Gerais, diz (BRASIL, 1998):

Art. 2º Quem, de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estes cominadas, na medida da sua culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la.

Art. 3º As pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente conforme o disposto nesta Lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade.

Como se pode observar nos dois artigos citados, a Lei de Crimes Ambientais reordenou a legislação ambiental brasileira no que se refere às infrações e punições. Uma das maiores inovações foi apontar que a responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, autoras e coautoras da infração. No entanto, mais do que os avanços representados pela lei, o Brasil carece de mecanismos de fiscalização e apuração dos crimes. Ou seja, o Brasil possui um conjunto de leis ambientais consideradas excelentes, mas que nem sempre são adequadamente aplicadas, por inexistirem recursos e capacidades técnicas para executar a lei plenamente em todas as unidades federativas (SOUZA, 2018).

O IBAMA e os órgãos estaduais de meio ambiente atuam na fiscalização e na concessão de licença ambiental antes da instalação de qualquer empreendimento ou atividade que possa causar poluição e degradação. O IBAMA atua principalmente no licenciamento de grandes projetos de infraestrutura que envolva impactos em mais de um estado e nas atividades do setor de petróleo e gás; já os estados cuidam dos licenciamentos de menor porte. Contudo, dadas as dimensões de nosso País, a difícil acessibilidade e o reduzido número de agentes dos referidos órgãos, a fiscalização é muito deficiente (SOUZA, 2021).

Fontes extraoficiais comentam que o último concurso para o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) foi em 2009; ou seja, há 13 anos! Asseguram ainda que são quatro (4) funcionários pra fiscalizar quatrocentas e cinquenta (450) barragens em todo o estado de Minas Gerais, além de denúncias de corrupção de funcionários e grandes pressões dos grupos

empresarias que atuam no setor. O resultado é essa tragédia anunciada: estima-se que poderão ocorrer outros graves acidentes nos próximos anos - a equipe de fiscalização em determinadas localidades é pequena ou inexistente. Além disso, as empresas não querem gastar com barragem - é "gasto sem retorno". Isso é comprovado por pesquisa americana que revelou, em todo o mundo, nos anos em que o preço do minério decresce, os lucros são reduzidos, como consequência, os acidentes aumentam.

No caso da SAMARCO, o Ministério Público Federal apontou vinte e duas (22) pessoas das empresas responsáveis pela barragem. Eles estão respondendo por crimes de inundação, lesão corporal, desabamento e crimes ambientais, além de homicídio qualificado com dolo eventual (quando assume o risco de matar). Entretanto, ainda são necessárias medidas preventivas que impeçam que tais eventos ocorram. O Relatório de Segurança de Barragens 2015 apontou que das 17.359 barragens cadastradas na Agência Nacional de Águas (ANA), apenas 4% foram fiscalizadas (SNISB, 2015).

Segundo o órgão, as quarenta e três (43) unidades fiscalizadoras não dão conta de atender toda a estrutura. A barragem de Fundão, vinculada ao desastre de Mariana, tinha sido classificada como categoria de baixo risco e alto dano potencial associado pelo Departamento de Produção Mineral (DNPM), vinculado ao Ministério de Minas e Energia. O Relatório do Tribunal de Contas da União, de setembro de 2016, confirma que o DNPM não foi capaz de fazer a Samarco cumprir os padrões exigidos pela Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei 12.334/2010). Para agravar ainda mais a situação, projetos visando flexibilizar a concessão de licença ambiental para grandes obras no país são estimulados.

Segundo relatórios do IBAMA, de cada 100 reais de multas que o órgão aplica aos que infringiram regras ambientais, desde 2011, menos de três reais entram nos caixas do Governo Federal - um documento do próprio órgão, de 2017, traz um panorama das autuações feitas entre os anos de 2005 e 2010 - o percentual médio de multas pagas no período foi de 0,75%. As empresas encontram subterfúgio em diversos recursos judiciais e a lentidão do maquinário jurídico para finalizar os processos proporciona que a maioria saia impune (IBAMA, 2020).

O fato é que apesar das inúmeras iniciativas governamentais e organizacionais, os efeitos efetivos da legislação ambiental ainda são discretos: a impunidade persiste. A corrupção e tantos desmandos dos últimos governos demonstram enorme incompetência e incapacidade de resolver as demandas legais pertinentes à legislação brasileira. De acordo com o IBAMA (2020), como agravante, o aperto orçamentário: o Ministério do Meio Ambiente perdeu 43% da sua verba para despesas discricionárias em 2020.

No quesito de segurança, a engenharia brasileira está deixando a desejar. Considerando os impactos decorrentes da disposição dos rejeitos da mineração, de acordo com o EIA/RIMA, os alteamentos de barragens foram regularizados apenas em 2009, por meio de um processo de licenciamento aparentemente irregular: não se exigiu da mineradora um EIA aprofundado. O estudo, que deveria contemplar as possibilidades de desastre e propor ações para minimizá-las, é obrigatório para todo empreendimento em que há supressão de Mata Atlântica, sobretudo de atividades minerárias, conforme a lei nº 11.428, de 2006. À época, a Secretaria de Meio Ambiente (SEMAD) do governo de Minas Gerais constatou que haveria a retirada de três (3) ha de Mata Atlântica - mesmo assim, não exigiu o EIA/RIMA. Contentou-se com o RCA, menos minucioso (VEJA.ABRIL, 2020).

O fato é que o imaginário neoliberal, presente de forma crescente em todo o mundo, reafirma a noção de que os recursos naturais são meramente matéria-prima para a indústria. A conservação ambiental vem sendo relegada ao segundo plano; na prática, o antigo discurso da necessidade de crescimento econômico para a geração de emprego e renda prevalece. Continua vigorando a visão imediatista, cujos resultados finais são conhecidos e previsíveis: a economia global está perdendo muito dinheiro com a destruição dos recursos naturais.

Faz-se necessária a ampliação da consciência ambiental em nível nacional. É um imperativo a necessidade de construção de uma nova perspectiva de modelo de desenvolvimento. Os problemas econômicos, sociais e ambientais continuam como desafios políticos e sociais a ser resolvidos em busca do desenvolvimento sustentável de nosso país.

Desta forma, os rejeitos da mineração são causa de preocupação cada vez mais crescente nas empresas, que visam reduzir os impactos ambientais e

os custos associados aos processos de disposição, contenção e fechamento de barragens de rejeito (PORTES, 2013).

O impacto ambiental negativo configura um dos aspectos mais preocupantes na mineração, concebendo-se em uma de suas consequências mais combatidas. Em contrapartida, a mineração é um dos setores básicos da economia do país e colabora para o desenvolvimento de uma região, estado ou país, via produção de riquezas e a melhoria da infraestrutura local. Para segurança da qualidade de vida, dos presentes e futuras gerações, é essencial que tal empreendimento seja empregado com responsabilidade técnica, ambiental e social, associado aos preceitos do desenvolvimento sustentável (FERNANDES; SANTOS, 2008; SOUZA, 2018).

### **2.1. Caracterização do rejeito de minério**

A caracterização quase não era realizada em rejeitos de usinas de beneficiamento de minérios, sendo esses eliminados sem conhecimentos de suas características físicas, químicas e mineralógicas e de seu retorno ao processo de concentração da fração mineral contida (Figura 3). Contudo, nos dias atuais, isso vem mudando: não somente pela maior preocupação com aspectos ambientais exigidos pela legislação e pelos principais compradores dessas commodities, como ainda em alguns casos, em função da escassez do minério e da perda de reservas, com a consequente redução dos teores das minas (BORGES; da LUZ; FERREIRA, 2008; SOUZA, 2018).

Os rejeitos de mineração constituem um sistema peculiar parecido ao solo natural, tendo desempenho geomecânico e hidráulico caracterizado em termos de resistência, permeabilidade, densidade e grau de saturação, entre outros fatores (PENNA, 2008). O tamanho das partículas de rejeito está na faixa de partículas de areias finas e siltes. As características químicas dos rejeitos divergem de acordo com o mineral de interesse e as substâncias químicas compreendidas no processo de concentração adotado (ARAUJO, 2006).



**Figura 3.** Rejeitos eliminados sem conhecimentos de suas características e concentração mineral. Fonte: Instituto Minere (2021).

Nessa situação, rejeitos de minério de ferro, mesmo levando em consideração a sua heterogeneidade relacionada ao teor de ferro e ao processo de beneficiamento, estes não têm plasticidade. Apesar dos rejeitos possuírem classificações granulométricas e algumas características geotécnicas bem definidas, não se deve analisar somente o seu comportamento por intermédio dos aspectos convencionais. Contudo, é necessário definir e avaliar as características particulares aos rejeitos, visto que suas composições granulométricas e mineralógicas são alteradas no próprio processo industrial (PEREIRA, 2005).

### **3. Recuperação de áreas degradadas**

A mineração é uma importante atividade econômica no Brasil, contribuindo com 4,2% do PIB (IBRAM, 2017), sendo responsável pelo suprimento de matéria-prima para inúmeras atividades. Em relação à mineração de ferro, segundo dados dessa mesma fonte, o Brasil possui a segunda maior produção no mundo e detém a quarta maior reserva (VITA ENGENHARIA, 2019).

Contudo, ao envolver a apropriação de recursos naturais, a mineração caracteriza-se como uma atividade predominantemente modificadora do meio ambiente. Causa, portanto, uma série de impactos e conflitos socioambientais, de menor ou maior intensidade, dependendo do seu processo de planejamento e operação. Os impactos socioambientais desta atividade estão associados à supressão vegetal, alteração ou perda de habitats, erosão, assoreamento de cursos d'água, alteração do fluxo subterrâneo de água, alteração do terreno e instabilidade de taludes<sup>16</sup>, contaminação da água e pressão sobre áreas protegidas ou de expansão urbana (SOUZA, 2018).

A degradação do solo é a redução de condições desejáveis, relacionadas ao desenvolvimento de plantas e ao ambiente, consistindo em um prejuízo socioeconômico para as gerações atuais, representando risco para as gerações futuras (ALVES et al., 2012). De acordo com Souza (2018), na fase de planejamento, após a realização do EIA, deve ser obrigatoriamente, elaborado o PRAD.

Majoritariamente, os solos das áreas degradadas apresentam níveis baixos de nutrientes e com características físico-químicas diferenciadas, quando comparadas ao solo original. Portanto, o êxito inicial na recuperação de um ecossistema degradado depende das práticas de manejo a serem efetuadas no sítio e de espécies da flora regional, dando início desta forma, ao restabelecimento dos processos ecológicos.

### **3.1. Intervenções e aspectos ambientais da mineração**

O processo de lavra causa grandes degradações físicas, químicas e biológicas nos solos minerados (FRANCO, 2010). Essas modificações interferem na estrutura do solo e na microbiota, com perda da vegetação. O correto manejo deve predizer a melhoria e a manutenção, pelo maior tempo possível, da matéria orgânica no solo, o que pode ser alcançado com o uso de resíduos orgânicos (COLODRO; ESPÍNDOLA, 2006).

Dentre as causas da degradação do solo, destacam-se a redução da cobertura vegetal, erosão hídrica, acidificação dos solos, exaustão de nutrientes e redução do teor de carbono orgânico e da biodiversidade, tornando-o inviável

---

<sup>16</sup> Compreendem-se quaisquer superfícies inclinadas que limitam um maciço de terra, de rocha ou de terra e rocha. Podem ser naturais, casos das encostas, ou artificiais, como os taludes de cortes e aterros.

para a exploração socioeconômica e ambiental. As práticas de mineração retiram as camadas superficiais do solo, deixando-o exposto e com maior suscetibilidade à erosão (CARNEIRO et al., 2008; SOUZA, 2018). De acordo com Corrêa; Bento (2010), o uso de cobertura vegetal sobre superfícies mineradas é a alternativa mais comum de recuperação, mas exige a construção de um ambiente edáfico que seja compatível com as espécies vegetais a serem usadas.

Em agroecossistemas, os estresses submetidos aos solos podem ser de origem natural e, ou, antrópica, como é o caso da mineração. As práticas de uso da mineração possuem um grau de impacto ambiental de ampla magnitude devido às modificações físicas, químicas e bióticas, causadas nas áreas de influência direta e indireta do projeto. Esse impacto pode ser maior, interferindo não apenas na área explorada, mas na circunvizinhança, por exemplo, um problema de erosão ou a contaminação do recurso hídrico (SILVESTRINI, 2013).

A RAD pode ser definida como um grupo de práticas idealizadas e realizadas por especialistas de diversas áreas do conhecimento, a fim de promover o reestabelecimento das condições de equilíbrio e de sustentabilidade existentes anteriormente no sistema (DIAS; GRIFFITH, 1988; SOUZA, 2018).

### **3.2. Intervenções técnicas de manejo**

Um estudo realizado por Moreira (2004) compreendeu uma avaliação das intervenções técnicas de manejo na melhoria das propriedades físico-químicas do solo e crescimento da vegetação em área minerada de bauxita, localizada na Cia. Geral de Minas, empresa do Grupo Alcoa, no planalto de Poços de Caldas (Minas de Campo: Morro das árvores).

Os objetivos do trabalho foram verificar o efeito da subsolagem, da adição da camada superficial do solo ("topsoil"), da correção da fertilidade do solo e da adubação verde na recuperação de área degradada, avaliada a partir do desempenho do crescimento e desenvolvimento de espécies arbóreas da flora regional implantada, decorrente da sua interação com as intervenções de manejo. O solo é uma associação de Cambissolos/Neossolos. Posteriormente à instalação do experimento, foi semeado a lanço um coquetel de propágulos de adubo verde de inverno e incorporado no solo cento e vinte e seis (126) dias



depois do plantio, para posterior plantio das 18 espécies arbóreas nativas (MOREIRA, 2004).

De acordo com esse mesmo autor, considerando que este solo apresenta tendências de elevado escoamento superficial devido ao relevo, a subsolagem foi efetiva no aproveitamento das chuvas incidentes pela melhoria eventual da taxa de infiltração básica e decorrente melhoria das condições de absorção de nutrientes. Com relação à recolocação do “topsoil”, ocorreu a melhoria das condições de fertilidade, aumento dos teores de matéria orgânica e dos aspectos biológicos: são de vital importância para RAD, referentes às melhores condições para o desenvolvimento e manutenção da microbiota do solo.

Alba (2010), depois de vinte (20) anos de experiência em RAD, confirma que a atividade de revegetação de solos degradados com uso de fabáceas é uma alternativa extremamente eficaz para restabelecer os processos ecológicos de áreas impactadas. Para Valcarcel et al. (2007), as técnicas realizadas para a recuperação de áreas mineradas são diversas: a incorporação de adubos verdes, fabáceas, gramíneas e espécies nativas, como fonte de matéria orgânica e cobertura do solo é uma delas (Figura 4).



**Figura 4.** Talude vegetado com leguminosas, gramíneas e espécies nativas. Fonte: Pereira (2018).

A matéria orgânica melhora as características físicas do material exposto, aumenta a sua fertilidade e auxilia na manutenção de microrganismos e fauna de solo (PIGNARO NETTO et al., 2009). Por isso, os adubos verdes são muito usados em recuperação de solos minerados (BORGES, 2013; CARNEIRO et al., 2008; FRANCO, 2010; SOUZA, 2018). No caso da revegetação de obras de barragem, há demanda de técnicas adequadas, sendo importante observar a relação positiva entre adubação mineral e verde, uma vez que nessas áreas foram retiradas toda a vegetação e a camada fértil do solo (CAMPOS et al., 2011).

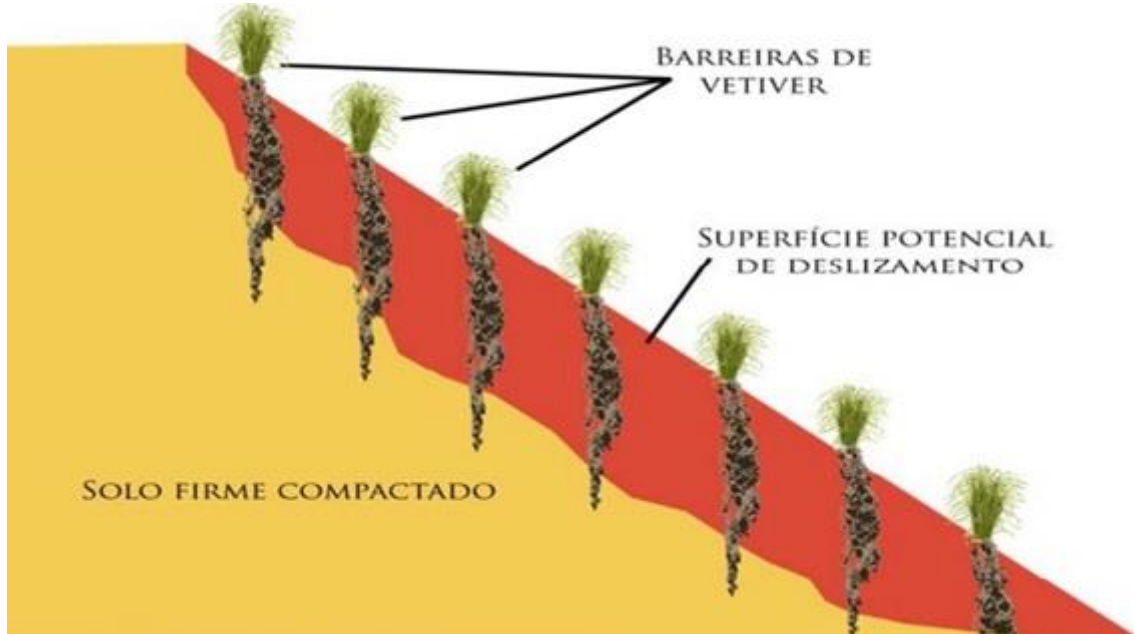
De acordo com Modesto et al. (2009), o retorno de áreas degradadas ao estado anterior, pode não acontecer ou ser muito lento. A recuperação dos solos degradados até alcançar as condições próximas às originais, com sistemas de manejo, é pouco provável, evento que pode exigir dezenas e ou mesmo centenas de anos. Alves; Souza (2008) confirmam que a recuperação da estrutura dos solos é lenta e deve ser reconstruída no tempo por meio do manejo de solo e plantas (Figuras 5 e 6).



**Figuras 5 e 6.** Revegetação em área alterada no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, MG. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2013).

A utilização de plantas de cobertura como resíduo orgânico, para a formação de uma cobertura vegetal sobre superfícies expostas pela mineração, tem-se mostrado eficaz em diversos ecossistemas (ADANI et al., 2007; CORRÊA et al., 2010; ALVES et al., 2012). Porém, pesquisas que abordam qualidade dos substratos vegetados com o uso desses materiais são escassas (CORRÊA; BENTO, 2010), mesmo sendo de enorme importância e necessidade para se

conhecer um melhor manejo desses em áreas mineradas. Em taludes com declividade acentuada e em áreas mineradas, barreiras de vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) é uma espécie que tem sido bastante utilizada (Figuras 7 e 8).



**Figura 7.** Barreiras de vetiver. Fonte: Pereira (2018).



**Figura 8.** Talude de área minerada revegetado com leguminosas, vetiver e gramíneas. Fonte: Pereira (2018).

O fato é que a proteção ambiental e as questões ligadas ao desenvolvimento precisam ser intensificadas, como também a necessidade de recuperação de áreas degradadas. Dessa forma, em vista de novos níveis de prosperidade - que podem ser sustentados quando são observados os aspectos econômicos, ecológicos e sociais - conquista-se crescentemente maior número de pessoas em seu serviço. Entretanto, para atingir tais objetivos, faz-se necessário (SOUZA, 2018):

**a) assumir novas estratégias; b) estabelecer compromissos mais fortes; e c) investir em trabalhos que evidentemente são difíceis, como intensificar as pesquisas para aprender mais sobre recuperação ambiental.**

Souza (2018) define recuperação ambiental como o tratamento de áreas alteradas/perturbadas para criar pedopaisagens estáveis e condições edáficas para se sustentarem, mediante uso do solo em sua condição predeterminante, exigindo condições mínimas de manutenção. Além disso, as comunidades existentes no local recuperado deverão conviver com essa nova paisagem em harmonia, dentro de uma nova realidade socioeconômica, onde haja maior equidade social: ou seja, propõe-se a recuperação socioambiental, que garantirá, de fato, a autossustentabilidade do ambiente.

#### **4. Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)**

A *Política Nacional do Meio Ambiente* (PNMA) de 1981, objetivando a recuperação da qualidade ambiental, instituiu em seu artigo 2º, a obrigação de recuperar as áreas degradadas pelos empreendimentos. A regulamentação da lei ocorreu em 1989, com a edição do Decreto nº 97.632. Conforme este Decreto, todos os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão submeter o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), criando a obrigatoriedade de que todo empreendimento mineral deverá apresentar o PRAD juntamente com o EIA/RIMA (BRASIL, 1989).

A RAD deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo,

visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (BRASIL, 1989; PONTES; FARIAS; LIMA, 2013).

O “plano preestabelecido” requerido por ocasião do PRAD pode causar discussão quando não se define adequadamente a destinação do local, após a realização das atividades do empreendimento. Recomenda-se que todo PRAD seja claro, objetivo e factível. O objetivo almejado no PRAD pode ser uma simples recuperação do ambiente degradado a uma situação não degradada, ou a reabilitação, ou a restauração ou mesmo a revitalização do ecossistema.

O principal objetivo na elaboração do PRAD é recuperar a função de uma área degradada e seu ecossistema a uma condição mais próxima de sua condição anterior à degradação (MMA, 2013; SOUZA, 2015; 2018; 2021). É prioritário o plantio de espécies nativas para promover a reintegração de plantas e animais na área. As principais estratégias do PRAD são as operações de restauração e reabilitação dos locais afetados pelas atividades produtivas, principalmente:

- ✓ Medidas de sistematização de terreno.
- ✓ Restabelecimento da cobertura vegetal.
- ✓ Plantio de espécies arbóreas por muda.
- ✓ Semeadura direta (“muvucas de sementes”).
- ✓ Técnicas nucleadoras.
- ✓ Condução da regeneração natural.
- ✓ Outras.

## **5. Adubação verde em áreas degradadas**

A prática da adubação verde é considerada uma tecnologia que objetiva fornecer para o agroecossistema, matéria orgânica e nitrogênio (N), oriundo da fixação biológica com bactérias. Adubação verde é a incorporação no solo de uma massa não decomposta de plantas cultivadas, a fim de preservar e, ou, recuperar a produtividade das terras cultiváveis (RAGOZO et al., 2014).

De acordo com Fávero et al. (2008), em regiões onde há limitações ambientais à regeneração natural, esta pode ser intensificada por meio de espécies facilitadoras. Nesse caso, normalmente são usadas espécies da família das fabáceas: apresentam certas características importantes para a RAD.

Ecologicamente, são espécies com boa adaptação a diversas condições edafoclimáticas. O uso como adubo verde pode ser visto como uma prática muito importante para o agroecossistema, promovendo melhorias ao solo e ao ambiente (NOGUEIRA et al., 2012).

A inclusão de plantas dessa família pode promover benefícios. Segundo Silva; Menezes (2007), o motivo maior para essa preferência está em sua capacidade de simbiose com bactérias fixadoras do N<sub>2</sub> (nitrogênio) atmosférico. Esses mesmos autores mencionam também a rusticidade, a alta produção de matéria seca e o sistema radicular, normalmente, profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo e romper camadas adensadas.

O objetivo no uso dos adubos verdes é promover um ambiente favorável para que plantios simultâneos com outra espécie tenham melhores chances de progresso, reduzindo a mortalidade e melhorando o desenvolvimento das espécies (BELTRAME; RODRIGUES, 2008).

A prática do Sistema de Plantio Direto – SPD, por exemplo, sem a utilização de herbicidas é um dos grandes desafios da atualidade para a pesquisa em agroecologia. A implantação de rotação de culturas com grande produção de matéria vegetal para cobrir o solo, na forma de adubação verde com gramíneas e leguminosas, apresenta-se como uma das opções para solucionar tal problema (SOUZA; RESENDE, 2014).

### **5.1. Plantas leguminosas com potencial para adubação verde**

Em áreas degradadas por mineração é comum se encontrarem metais pesados presentes no solo entre os seus principais contaminantes. É muito importante saber escolher espécies capazes de tolerar e imobilizá-los, sendo fundamental que as mesmas apresentem elevada produção de massa seca da parte aérea, onde as maiores concentrações de metais pesados devem estar presentes para que se tenha eficiência no processo de remediação (SCRAMIN et al., 2001; ANDRADE et al., 2009).

De acordo com Lasat (2002), essas plantas devem possuir elevada tolerância ao metal, capacidade de absorção e translocação de altas concentrações do metal da raiz para a parte aérea e obter alta produção de biomassa.

Um pequeno grupo de variáveis químicas, físicas e biológicas, estudadas ao passar do tempo, é capaz de identificar as modificações da qualidade do solo de acordo com o manejo (LARSON; PIRCE, 1994). A recuperação da área pode ser alcançada com a utilização de sistemas de manejo com o uso de plantas recuperadoras de solo, como as fabáceas e gramíneas, que contêm maiores quantidades de N na sua biomassa, aumentando o teor da matéria orgânica - subsequente do seu crescimento acelerado, proporcionam a recuperação das características físicas, químicas e biológicas do solo (BERTONI et al., 1972; MIYASAKA, 1984; SOUZA, 2015; CRESPO et al., 2022). Estas espécies de plantas promovem, com o tempo, uma melhoria nas características químicas, restrita inicialmente às camadas superficiais (BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Onde se pratica o plantio direto, depois da colheita as plantas de cobertura são introduzidas nas áreas de cultivo. Os adubos verdes têm o papel de proteger a superfície e melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo, beneficiando as culturas comerciais. Para escolher a espécie adequada a cada situação, é preciso prestar atenção a uma série de fatores.

Para Fontanetti (DIÁRIO VERDE, 2020), na agricultura convencional, baseada em sementes transgênicas e uso intensivo de herbicidas e outros aditivos químicos, esse controle é feito principalmente por meio do glifosato (N-(fosfometil) glicina). Na agricultura orgânica, a principal forma de controle adotada, até aos dias atuais, tem sido o revolvimento do solo. De acordo com essa mesma autora, com a exposição ocorre perda de matéria orgânica e aumento da susceptibilidade à erosão; ou seja, o início de um processo de degradação do solo: objetivo contrário à agricultura orgânica.

Assim, a ideia que norteou seu estudo foi substituir a prática do revolvimento pelo cultivo de plantas que, consorciadas com o milho, promovessem a cobertura do terreno, evitassem a emergência e proliferação de ervas daninhas e melhorassem a qualidade do solo, por meio da reciclagem natural de nutrientes. Para cumprir tal função, os “adubos verdes” não podem competir com o milho, posto que reduziriam a produtividade.

A barreira proporcionada pelos “adubos verdes” à proliferação de plantas espontâneas se deve, principalmente, à cobertura física do solo - reduz a incidência dos raios solares e, por decorrência, dificulta a quebra de dormência e a germinação das sementes de ervas daninhas. Um fator adicional pode ser a

liberação de metabólitos secundários, com função herbicida, pelas folhas e raízes ou pela decomposição da palha dos “adubos verdes” (FONTANETI, DIÁRIO VERDE, 2020).

**De acordo com a EPAGRI (2020), quanto às necessidades da cultura comercial, cada espécie de planta de cobertura pode ter efeitos diferentes sobre as culturas implantadas na sequência.** Técnicos e extensionistas da EPAGRI de Atalanta, SC, recomendam que se leve em consideração o fator mais limitante na produção da cultura comercial: se uma cultura é altamente exigente em N, como o milho, é interessante que entre as culturas que estão nessa área haja alguma fabácea, por o fixarem naturalmente. Alguns exemplos de fabáceas são o tremoço (Figura 9), as ervilhacas, a ervilha forrageira, as mucunas, o feijão de porco e o guandu anão.



**Figura 9.** Tremoço produz bastante massa seca e é capaz de fixar nitrogênio no solo. Fonte: EPAGRI (2020).

No caso da fruticultura, por exemplo, a situação é diferente. Caso haja muita fixação de N no solo, isso poderá aumentar a incidência de doenças na videira e diminuir o grau brix da uva. Nos pomares, é preciso analisar se a florada da planta de cobertura pode competir com a florada da cultura principal, já que as fruteiras dividem a área com as espécies de cobertura. Nos pomares catarinenses, a aveia preta, o nabo forrageiro e consórcios de aveia preta com



ervilhaca ou com nabo são as plantas de cobertura mais comuns (EPAGRI, 2020).

Com relação à **produção de fitomassa**, em um solo com baixo teor de matéria orgânica, deve-se incluir plantas de cobertura que fixam maior quantidade de carbono em menor tempo, que tenham raízes agressivas e profundas e bastante massa seca, como milho, capim sudão, braquiária, nabo forrageiro ou tremoço. De acordo com a EPAGRI (2020), ao longo de anos, ter-se-á um solo com características físicas muito parecidas com as originais após a retirada da mata nativa.

Para esses mesmos autores, de nada resolve que a planta de cobertura tenha as características desejadas, se o produtor não tiver condições de manejá-la adequadamente. No caso de plantas que produzem bastante massa seca, é preciso ter equipamentos adequados para incorporá-las e implantar os cultivos em sucessão (Figura 10). Ou seja, é importante saber se o produtor tem as ferramentas para colher, armazenar e semear adequadamente cada tipo de planta de cobertura. Outro fator importante é a capacidade de produzir sementes em quantidade suficiente para aumentar a área de cultivo.



**Figura 10.** Rolo-faca utilizado para plantio direto. Fonte: EPAGRI (2020).

## 5.2. Características da planta de cobertura

É fundamental conhecer o comportamento da planta de cobertura antes de levá-la a campo. De acordo com EPAGRI/CEPAF (2020), características importantes há de se observar na hora da escolha, tais como: “velocidade de crescimento inicial, eficiência na cobertura do solo, capacidade de reciclagem de nutrientes, sistema radicular profundo e bem desenvolvido, elevada produção de fitomassa, resistência à seca, resistência à geada, baixo nível de ataque de pragas e doenças, tolerância à baixa fertilidade, capacidade de adaptação a solos degradados e não ter comportamento de invasora”.

**Com relação à época de semeadura, de acordo com a EPAGRI (2020),** existem plantas de cobertura mais indicadas para cultivo no verão e outras para o inverno. No entanto, usam-se essa denominação apenas para identificar as espécies, uma vez que a época de plantio ocorre a partir do momento em que o solo não se encontra cultivado com uma cultura comercial. Em função do tamanho dessa janela e da próxima cultura é que o agricultor vai escolher a planta de cobertura.

Para esses mesmos autores, as **espécies de inverno**, chamadas plantas de cobertura de inverno, são aquelas semeadas desde o fim do verão (início de março) até o início do inverno (junho). As principais são a aveia preta, aveia branca, centeio, azevém, tremoço branco, tremoço azul, ervilha forrageira, ervilhaca comum, ervilhaca peluda, gorga<sup>17</sup> e nabo forrageiro.

**Com relação às espécies de verão**, as plantas de cobertura podem ser semeadas de meados de setembro até dezembro (onde não há risco de geada, o período pode se estender até o fim do verão). Elas são cultivadas, preferencialmente, entre a colheita da cultura de verão (primeira safra) e a semeadura da cultura de inverno. É o período chamado de janela outonal, no qual o solo tem ficado descoberto, sendo tomado por inços<sup>18</sup>, perpetuando pragas e doenças e sofrendo sérios problemas de erosão por causa das chuvas intensas do período (EPAGRI, 2020).

---

<sup>17</sup> Planta invasora muito frequente na região Sul, infestando principalmente culturas de inverno como trigo, aveias e cevada. Devido ao grande número de sementes produzidas e alta taxa de germinação, forma verdadeiros tapetes de pequenas plantas, que não chegam a se desenvolver completamente em virtude da competição intraespecífica. Tem valor forrageiro.

<sup>18</sup> Quantidade de ervas daninhas que brotam entre plantas cultivadas.

As espécies de verão mais comuns são as mucunas, as crotalárias, feijão-de-porco, guandu anão, caupi ou feijão miúdo, teosinto, milheto, capim sudão, sorgo e trigo mourisco (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2011).

Em trabalho realizado por Fontanetti (DIÁRIO VERDE, 2020), além do Feijão guandu anão, que apresentou o melhor resultado, outras plantas testadas com tradição de uso na alimentação animal, foram: a puerária (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth); o calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.); e a soja perene (*Neonotonia wightii* (Wight & Arn) Lackey)). São plantas herbáceas baixas, menores do que o guandu e bem menores do que o milho. O melhor resultado foi obtido com o calopogônio, que mais rapidamente cobriu o solo, evitando a emergência de plantas daninhas.

Dentre as espécies de plantas leguminosas com potencial para adubo verde elevado, as mais utilizadas em regiões tropicais são a crotalária, o feijão-de-porco e a mucuna (EIRAS; COELHO, 2011).

#### ✓ **Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.)**

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) é uma espécie leguminosa herbácea, anual e de porte ereto, com rápido crescimento inicial, tendo um ciclo curto, 170 a 200 dias, precisando de 90 a 100 dias para florescer (Figuras 11 e 12). É considerada uma espécie rústica ao clima e de fertilidade do solo - a cultura proporciona uma total cobertura do solo (RODRIGUES et al., 2004).

Das espécies designadas à fitorremediação, o feijão-de-porco vem se destacando pelo seu considerável potencial de tolerar e acumular metais pesados. Esta cultura é bastante cultivada em regiões de clima tropical e apresenta rápido crescimento inicial, sendo eficiente também no controle de plantas invasoras. Adapta-se tanto aos solos argilosos quanto arenosos; quanto à fertilidade, tem pouca exigência (ROCHA; RIBEIRO; DA SILVA, 2020).



**Figura 11.** Área sob plantio de feijão-de-porco. Fonte: EPAGRI (2020).



**Figura 12.** Área sob plantio de feijão-de-porco e a cobertura/proteção do solo. Fonte: EPAGRI (2020).

Uma das principais características dessa cultura é a sua elevada produção de massa verde e seca: por isso, muito usada no manejo de solos - produz de 20 a 40 toneladas de massa verde, 3 a 6 toneladas de massa seca, o N fixado com o reciclado varia de 80 a 160 kg ha<sup>-1</sup>. A quantidade de nutrientes contidos na matéria seca afirma o potencial de contribuição dessa leguminosa à reciclagem de nutrientes no solo, principalmente do N absorvidos do ar atmosférico e fixados nos nódulos em suas raízes (VALADÃO JÚNIOR et al., 2020).

Corrêa et al. (2016), em trabalho sobre desempenho de espécies leguminosas para adubação verde no oeste do Pará, o objetivo foi estudar o potencial de três (3) espécies de feijão (feijão-de-leite, feijão guandu e feijão-de-porco) como adubos verdes. Diante dos resultados, concluíram que o feijão-de-porco se destacou por apresentar maiores valores para produção de fitomassa (Tabela 1).

Deve-se considerar que o maior e principal efeito do manejo utilizando essa leguminosa é em relação ao aporte de matéria orgânica no solo, produzida pela sua biomassa, incorporada ou aplicada como cobertura morta, gerando benefícios de aspectos biológicos e químicos (LOPES, 1998) (Figura 13).

**Tabela 1.** Desempenho de espécies leguminosas para adubação verde no Pará

Variáveis/espécies	Altura plantas (cm)	Diam. caule (cm)	Comp. Raiz (cm)	Diam. Folha (cm)	Número folhas (un)	Matéria fresca (mg.ha)	Matéria seca (mg.ha)
Feijão-de-porco	40,00a	0,57 <sup>a</sup>	20,30 <sup>a</sup>	6,20a	27,50 <sup>a</sup>	7,04a	1,90 <sup>a</sup>
Feijão-de-leite	52,67 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	20,33 <sup>a</sup>	2,33b	43,67 <sup>a</sup>	1,87b	0,70b
Feijão guandu	28,50 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	13,50 <sup>a</sup>	3,53ab	21,83 <sup>a</sup>	2,21b	0,53b

Fonte: Corrêa et al. (2015).

\* Valores das variáveis analisadas das três espécies aos 90 dias após semeadura. Letras iguais na mesma coluna indicam a semelhança estatística entre as espécies.



**Figura 13.** Área sob plantio de feijão-de-porco em consórcio com milho. Fonte: Grãos orgânicos (2020).

Com o objetivo de avaliar o desenvolvimento vegetativo do feijão-de-porco, cultivado para adubação verde em plantios do cafeeiro em sistemas sombreados ou arborizados frente ao cultivo a pleno sol, um trabalho foi conduzido por Ricci; Menezes (2018). O experimento foi constituído por três sistemas de cultivo do café Conilon (*Coffea canephora*): café arborizado com *Gliricidia sepium*, café com *Erythrina poeppigiana* e café a pleno sol. Em cada entrelinha do cultivo do café, foram semeadas duas linhas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*, L.).

Como resultados, observou-se que a maior produção de biomassa seca da parte aérea do feijão-de-porco ( $3,30 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) foi obtida no café com gliricídia, assim como maiores acúmulos de nitrogênio e magnésio nas folhas; enquanto o número e o peso fresco das vagens e o número de sementes por vagem, foram significativamente menores. Portanto, o sombreamento com gliricídia promoveu maior desenvolvimento da parte aérea em detrimento à parte reprodutiva do feijão-de-porco, concluindo que este é uma espécie com potencial para adubação verde de cafezais arborizados.

✓ **Feijão guandu (*Cajanus cajan*)**

O feijão guandu (*Cajanus cajan*), também conhecido como “andu”, é uma fabácea oriunda da África e bastante difundida em todo o Brasil (ROCHA et al., 2017). De acordo com Rayol; Alvino-Rayol (2012), produz muita biomassa na parte aérea: indica-se o seu uso como adubo verde em áreas de reflorestamento, na alimentação animal, na rotação de culturas, como adubação verde, entre outros. É um arbusto semi perene do qual o ciclo inicia da semeadura até o pleno florescimento que persiste entre 80 (variedades anãs) e 180 dias (variedades normais) (FORMENTINI et al., 2008).

A Embrapa Pecuária Sudeste, em parceria com a Associação para o Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras (Unipasto), tem feito um trabalho de divulgação sobre o Guandu BRS Mandarin para recuperação de pastagens degradadas (Figura 14). Em sistemas de integração com braquiária, a fabácea tem contribuído para restabelecer a fertilidade do solo e melhorar o desempenho animal, substituindo o farelo de soja e o amendoim pelo feijão Guandu BRS Mandarin, cujo teor de proteína na matéria seca está em torno de 15% (EMBRAPA, 2019).



**Figura 14.** Feijão guandu usado na terminação de bovinos. Fonte: EMBRAPA (2019).

O feijão guandu é muito usado na RAD ao ser inserido como adubo verde, pois apresenta características que promovem benefícios aos atributos físicos e químicos do solo em médio e longo prazo (RAYOL; ALVINO-RAYOL, 2012). Em regiões semiáridas, são usadas como fonte de cobertura morta, com o objetivo de reter maior umidade em áreas de baixa precipitação (FERREIRA et al., 2016). Por ser uma fabácea, a adubação verde é uma atividade indicada para áreas degradadas: utiliza a própria parte vegetativa para cobrir e proteger o solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Em trabalho realizado por Fontanetti (DIÁRIO VERDE, 2020), o feijão guandu foi a melhor planta para fazer consórcio com o milho orgânico: dificultou a invasão por ervas daninhas e aumentou o teor de N do cereal que é usado na gastronomia. De acordo com essa mesma autora, tal uso não é novidade, posto que a Embrapa desenvolveu um modelo, chamado 'Santa Brígida', para o plantio consorciado.

Porém, de acordo com essa mesma autora, tal manejo vinha sendo realizado no modelo da agricultura convencional, com uso de herbicidas. Nesse trabalho, o objetivo foi estabelecer um manejo para a produção orgânica. Foram testadas plantas para o consórcio: dentre elas, a que apresentou o melhor resultado foi o feijão guandu anão (*Cajanus cajan* L.). Trata-se de uma planta de porte pequeno, que demora mais tempo para germinar do que o milho; por isso, confere a este uma vantagem competitiva. Verificou-se que o guandu anão não afetou a produtividade do milho, dificultou a proliferação de plantas espontâneas e aumentou o teor de N nas plantas de milho – o que pode contribuir para o incremento de biomassa e de produtividade.

Além de ser uma planta de interesse gastronômico, outro uso possível é como planta forrageira na alimentação animal: soltando-se o gado na área cultivada depois da colheita do milho. De acordo com essa mesma autora, vários testes foram feitos para descobrir também a melhor forma de plantio - o guandu anão, tanto nas entrelinhas das fileiras de milho, quanto nas próprias linhas, respondeu de forma adequada.

De acordo com a Revista Campo Negócio (2017), por estar adaptado aos solos tropicais e subtropicais, o feijão guandu pode ser utilizado em várias condições agroecológicas no País, principalmente como adubo verde: visando proteção, recuperação e mobilização de nutrientes em áreas degradadas ou em



cultivo. Colabora, sobretudo, para o fornecimento de N (fixação simbiótica com bactérias), para o aumento da matéria orgânica e da fertilidade do solo, além de muitos outros benefícios em características físicas e biológicas do solo e também em características agronômicas de culturas em esquemas de rotação ou sucessão, de faixas intercalares ou com as espécies florestais.

Além disso, o consórcio tecnicamente bem planejado de espécies florestais com lavouras de grãos e, ou, adubos verdes/pastagens, podem contribuir, também, para a redução dos custos de implantação e manutenção de um cultivo florestal, além da contribuição à conservação e, ou, preservação da biodiversidade.

Em áreas mineradas, pode apresentar resultados bastante satisfatórios: é considerada o “zebu” das leguminosas, devido à sua rusticidade, mantendo-se verde durante todo o ano - característica que pode ser atrativa em condições de degradação e procedimentos de recuperação, devido ao estabelecimento de uma cobertura vegetal mais duradoura nessas áreas. De acordo a Revista Campo Negócio (2017), o guandu pode fixar valores variáveis de N entre 37 a 280 kg ha<sup>-1</sup> ano e, conseqüentemente, para o aumento deste nutriente e de matéria orgânica no solo.

#### ✓ **Crotalária (*Crotalaria* spp)**

A crotalária é uma leguminosa plantada em toda região tropical. Desenvolve-se bem em solos pobres, incluindo os arenosos de diferentes fertilidades e bem drenados (Figura 15). Exige calor, luz e umidade, tolerando geadas leves (CALEGARI, 1993; FERREIRA et al., 2016).



**Figura 15.** Área sob plantio de crotalária como adubo verde para o cultivo de mini-milho no Ifes campus de Alegre. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2017).

O gênero *Crotalária* possui diferentes espécies com aspectos favoráveis para a rotação de culturas, bastante definidas na literatura, ressaltando-se: 1) Eficácia na simbiose, com bactérias capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (REIS et al., 2017; ARF et al., 2018); e 2) Controle eficiente dos principais nematoides que causam danos as culturas da soja e do milho (COSTA et al., 2014; DEBIASE et al., 2016). Sendo assim, a crotalária apresenta aspectos de grande importância na melhoria da eficácia da utilização de fertilizantes, no acréscimo de matéria orgânica no solo, assim como na redução da suscetibilidade e de prejuízos resultantes de quesitos fitossanitários (GARCIA; STAUT, 2018).

Segundo Garcia; Staut (2018), dentre as diferentes espécies de crotalárias, a crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), a crotalária ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*) e a crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*) estão entre as mais difundidas, tanto cientificamente quanto no âmbito produtivo, visto que existe uma maior disponibilidade de sementes no mercado. Entretanto, as espécies possuem atributos diferentes entre si, o que pode afetar na tomada de decisão para certas práticas agrícolas, tais como espaçamento entrelinhas, população de plantas, época de plantio, manejo para dessecação.

Chieza et al. (2017) avaliaram diferentes maneiras de manejo do consórcio entre milho e *Crotalaria juncea* L., que possam otimizar a produção “in situ” de massa vegetal, sem afetar o potencial produtivo do milho. A *Crotalaria juncea*, quando plantada na primavera-verão, mostrou potencial para disponibilizar N ao milho como alternativa à adubação nitrogenada de cobertura.

#### ✓ **Mucuna (*Mucuna* spp.)**

O gênero *Mucuna* Adans. (Leguminosae, Faboideae, Phaseoleae) apresenta cerca de cem (100) espécies difundidas nas regiões tropicais e subtropicais, principalmente no “Velho Mundo” (SCHRIRE, 2005). Neste gênero, existe a espécie *Mucuna pruriens* (L.) DC. (Leguminosae, Faboideae), que possui valor econômico, sendo importante para o ciclo do N e como adubo orgânico (ORTIZ-CEBALLOS et al., 2007), bem como propriedades medicinais (SALAT; TOLOSA, 2013; SILVA-LÓPEZ; VIDAL, 2010).

A espécie *Mucuna pruriens* (L.) DC é uma das mais adotadas na adubação verde, além de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Crotalaria* spp.

(ESPÍNDOLA; ALMEIDA; GUERRA, 2004). A *Mucuna pruriens* é presente em toda a região neotropical com muitos indicativos de que seja uma planta subespontânea no continente americano (MOURA, 2013).

Dentre as diversas espécies de mucuna, as principais são: mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), mucuna cinza (*Stylobium cinereum*) e mucuna preta (*Stylobium aterrimum*) (Figuras 16 e 17).



**Figuras 16 e 17.** Área sob plantio de feijão-guandu e de mucuna. Fonte: Grãos orgânicos (2020).

A mucuna preta é uma espécie anual que desenvolve bem em regiões tropicais e subtropicais. Exige climas quentes, invernos amenos, sem ocorrência de geadas, sendo tolerantes à seca. Desenvolve tanto nos solos arenosos como nos argilosos e intermediários, podendo também tolerar solos ácidos, sombreamento, altas temperaturas e encharcamento por pequenos períodos (CALEGARI, 1993). A mucuna anã apresenta hábito herbáceo determinado com altura de 0,6 a 1,0 m. Tem um bom crescimento em solos tropicais e subtropicais, apresentando resistência à seca e baixa exigência quanto à fertilidade. Planta de mediana rusticidade, pode ser adotada como adubo verde.

## 6. Considerações finais

A mineração é uma prática bastante importante para a economia: porém, gera aspectos e impactos negativos sobre o ambiente, tais como desmatamento, assoreamento de rios, impactos visuais na paisagem e redução da fauna e da flora.

Em todo o mundo, tem-se observado que um dos principais fatores de degradação ambiental é a falta de políticas de uso e ocupação do solo – caso clássico do que acontece no Brasil. Com relação às políticas de regulamento de uso do solo e preservação de APP, por exemplo, acredita-se que a conservação

restrita a uma área pode apenas deslocar o uso e as atividades para outro lugar, resultando em aumento do desmatamento no entorno: pode anular ou reduzir os resultados positivos de tal regulamentação.

Diante disso, a recuperação de áreas degradadas por mineração e na sua área de influência indireta, é uma ferramenta bastante adotada e eficiente para o sucesso dos procedimentos de recuperação. Recomenda-se o uso de espécies vegetais resistentes e de potencial regenerador do solo para o uso como adubos verdes. Nesse aspecto, as espécies de fabáceas se destacam: devido à elevada quantidade de N na sua biomassa e o aporte da matéria orgânica, contribuindo para a recuperação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Dentre as fabáceas com elevado potencial para adubação verde, algumas se destacam em regiões tropicais, como o feijão-de-porco, feijão guandu, a crotalária e a mucuna, na recuperação de áreas que foram degradadas pela atividade minerária.

## 7. Referências

ADANI, F.; GENEVINI, P.; RICCA, R.; TAMBONE, F.; MONTONERI, E. Modification of soil humic matter after 4 years of compost application. **Waste Management**, Padova, v. 27, n. 3, p. 319-324, 2007.

ALBA, J. M. F. **Recuperação de áreas mineradas**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 360, 2010.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 277-288, 2000.

ALVES, M. C.; NASCIMENTO, V.; SOUSA, Z. Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 887-893, 2012.

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2505-2516, 2008.

ARAUJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. Rio de Janeiro: COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006, 133 p. (Dissertação de Mestrado).

ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E. Crop rotation, green manure and nitrogen fertilizers in upland rice under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 2, p. 153-162, 2018.

AZAM, S.; LI, Q. Tailings dam failures: a review of the last one hundred years, **Geotechnical News**, n. 5, p. 50-53, 2010.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira Ciência Solo**, n. 21, p. 235-239, 1997.

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. **Scientia Forestalis**, v. 36, 2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI, N. F. **Conservação do Solo**. 7ª Edição, Editora Ícone. São Paulo, SP, 2008. 355 p.

BERTONI, J.; PASTANA, F. I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR., R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônomo**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1972. 56 p. (Circular, 20).

BORGES, A. A.; LUZ, J. A. M. da; FERREIRA, E. Caracterização da parcela magnética de minério fosfático de carbonatito Ouro Preto, REM - **Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 1, p. 29-34, 2008.

BORGES, S. R. **Qualidade do solo em áreas com forrageiras e cafeeiro pós-mineração de bauxita**. 2013. 124 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

BOVENDORP, R. S.; BOFF, S.; FUJIKAWA, A.; NISHIMURA, P. Y. **Seleção sexual e aborto de sementes no feijão-da-praia *Sophora tomentosa* (Fabaceae)**. In: Livro do curso de campo “Ecologia da Mata Atlântica”, p. 1-5, 2009. Disponível em: <[http://ecologia.ib.usp.br/curso/2009/pdf/PO3/PO3\\_man\\_i\\_de\\_la\\_playa.pdf](http://ecologia.ib.usp.br/curso/2009/pdf/PO3/PO3_man_i_de_la_playa.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605). Acesso em: 13 out. 2019.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. (1993) **Adubação verde no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 346 p.

CAMPOS, F. C.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Atributos físico-hídricos de um latossolo após a aplicação de lodo de esgoto em área degradada do Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 796-803, 2011.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, A. L. L. Carbono orgânico, N total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 621-632, 2008.

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. D. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 189-196, 2017.

COLODRO, G.; ESPINDOLA, C. R. Alterações na fertilidade de um latossolo em resposta aplicação de lodo de esgoto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 28, p. 1-5, 2006.

CONHECIMENTOCIENTIFICO. **Barragem de rejeito e desastre ambiental: É hora de mudar os conceitos?** 2019. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.com/barragem-de-rejeito-e-desastre-ambiental-e-hora-de-mudar-os-conceitos/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

CORRÊA, M. L. P.; SILVA, G. R. C.; FERREIRA, T. O.; SILVA, D. N. Desempenho de espécies leguminosas para adubação verde no Oeste do Pará. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.

CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1435-1443, 2010.

CORRÊA, R. S.; SILVA, L. C. R.; BAPTISTA, G. M.; SANTOS, P. F. Fertilidade química de um substrato tratado com lodo de esgoto e composto de resíduos domésticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 538-544, 2010.

COSTA, M. J. N. da; PASQUALLI, R. M.; PREVEDELLO, R. Efeito do teor de matéria orgânica do solo, cultura de cobertura e sistema de plantio no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 1, p. 63-70, 2014.

COSTA, T.; de SOUZA, F. A.; NETTO, D.; de ALMEIDA, L. G.; ROCHA, H.; VIANA, J.; ARAÚJO, N. (2018). **Estabelecimento de espécies arbóreo-arbustivas no rejeito de minério de ferro da barragem de Fundão em Mariana-MG, tratado com calcário, fertilizantes e microrganismos**. Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E).

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; ARAÚJO, J. B. S.; RANGEL, O. J. P.; SOUZA, J. L. de; GONÇALVES, D. da C. The green

corn development and yield on different summer soil covering plants in the organic no-tillage system. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) Peer-Reviewed Journal**. ISSN: 2349-6495 (P) | 2456-1908 (O). v. 9, n. 3; p. 217-225, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.93.27>.

DE ANDRADE, M. G.; MELO, V. F.; GABARDO, J.; SOUZA, L. C. P.; REISSMANN, C. B. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II-Formas e disponibilidade para plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1889-1898, 2009.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BALBINOT JUNIOR, A. Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1720-1728, 2016.

DIÁRIO VERDE. **Adubação verde protege o milho orgânico contra ervas daninhas**. Disponível em: <https://diarioverde.com.br/adubacao-verde-protege-o-milho-orgnico-contra-ervas-daninhas>. Acesso em: 18 abr. 2022.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1988. 252 p.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **InterSciencePlace**, v. 1, n. 17, 2015.

EMBRAPA. **Guandu BRS Mandarin para recuperação de pastagens degradadas**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/pecuaria-sudeste>. Acesso em: 22 abr. 2022.

EPAGRI. **Como escolher as plantas de cobertura**: confira dicas da Epagri. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/noticias/938/como-escolher-as-plantas-de-cober-tura-confira-dicas-da-epagri>. Acesso em: 23 abr. 2022.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. 2004. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia. Doc. 174 p. 13 (Embrapa CNPAB). ISSN 1517-8498.

FÁVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de áreas degradadas com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.

FERNANDES, E. A.; SANTOS, H. I. **Análise da operação da barragem de rejeitos da Mineração Serra Grande S.A., Município de Crixás, Goiás. Goiânia, 2008.** Disponível em: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/barragemefeitos/mineracao/serra/grande/>. Acesso em: 24 fev. 2017.

FERREIRA, E. M.; ANDRAUS, M. P.; CARDOSO, A. A.; COSTA, L. F. S. LÔBO, L. M.; LEANDRO, W. M. Recuperação de áreas degradadas, adubação verde e qualidade da água. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v. 15, n. 1, p. 228-246, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/19594/pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

FORMENTINI, E. A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: Incaper. p. 27, 2008.

FRANCO, A. M. P. **Erosão em entressulcos e qualidade física de solos construídos após mineração de carvão**. 2010. 108 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GARCIA, R. A.; STAUT, L. A. **Como inserir crotalária em sistemas de produção de grãos**. Embrapa Agropecuária Oeste-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2018.

GRÃOS ORGÂNICOS. **Feijão-de-porco em consórcio com milho**. Disponível em: <https://www.graoorganico.com.br/graoorganico/2020/01/13/feijao-de-porco-em-consorcio-com-milho/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

GUIMARÃES, N. C. **Filtragem de rejeitos de minérios de ferro visando a sua disposição em pilhas**. Belo Horizonte: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgicas e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais (Dissertação de Mestrado). 2011. 110 p.

IBAMA. **Licenciamento ambiental na mineração**. 2020. Disponível em: [www.ibama.gov.br/174-licenciamento-ambiental/mineracao](http://www.ibama.gov.br/174-licenciamento-ambiental/mineracao). Acesso em: 12 abr. 2022.

ICOLD. **Tailings dams-risk of dangerous occurrences**. Lessons learnt from practical experiences. Paris: Committee on Tailings Dams and Waste Lagoons. 2001.

INSTITUTO MINERE. **Premissas dos rejeitos em projetos de pilhas de filtrados**. 2021. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/O-minimo-que-voce-precisa-saber-sobre-projetos-de-pilhas-de-rejeito-filtrado>. Acesso em: 16 mar. 2022.

LARSON, W. E.; PIRCE, F. J. The dynamics of soil quality as measure of sustainable management. In: DORAM, J. W. et al. (eds.) **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison, American Society of Agronomy, 1994. p. 37-51.

LASAT, M. M. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 31, p. 109-120, 2002.



LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. Í.; MELO, W. J. de. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. **Bragantia**. Instituto Agrônomo de Campinas, v. 70, n. 1, p. 139-146, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/28225>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

LONGO, R. M.; SOUZA, C. A., SOLERA, M. L., IKEMATSU, P., CAMPOS, S. J. A. M.; BITAR, O. Y. Recuperação de áreas degradadas por mineração: associação de técnicas de bioengenharia de solos com geração e manutenção de serviços ecossistêmicos. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 12, 2019.

LOPES, O. M. N. **Feijão-de-porco leguminosa para adubação verde e cobertura de solo**. Recomendações básicas 37. Embrapa Amazônia Oriental. Abril, 1998, p. 1-4.

LOTTERMOSER, B. G. **Mine wastes-characterization, treatment, and environmental impacts** (3rd ed.). Dordrecht: Springer. 2010.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MENDES, M. B. **Comportamento Geotécnico de uma barragem de rejeito de minério de ferro alteada para montante**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (Dissertação de Mestrado). 2007. 189 p.

MIDIANINJA. **3 anos do maior crime ambiental do Brasil**: o rompimento da barragem do Fundão em Brumadinho. 2022. Disponível em: <https://midianinja.org/brumadinho/>. Acesso em: 13 fev. 2022.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 64-124.

MODESTO, P. T.; SCABORA, M. H.; COLODRO, G.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Alterações em algumas propriedades de um Latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1489-1498, 2009.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 139 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/100645>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

MOURA, T. M. **Filogenia de *Mucuna Adans.* (Leguminosae-Papilionoideae) e taxonomia das espécies ocorrentes no continente americano**. 389 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

NASCIMENTO, M. R.; JAEGGI, M. E. P. C.; SOUZA, M. N. Efeito da adubação verde na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista UniVap**, v.22, p.698-713, 2017.

NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M.; MARTINS, C. A. S.; BERNARDES, C. O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 2121-2131, 2012.

ORTIZ-CEBALLOS, A. I.; PEÑA-CABRIALES, J. J.; FRAGOSO, C.; BROWN, G. G. Mycorrhizal colonization and nitrogen uptake by maize: Combined effect of tropical earthworms and velvetbean mulch. **Biology and Fertility of Soils**, v. 44, p. 181-186, 2007.

PAULO, E. M.; BERTON, R. S.; CAVICHIOLI, J. C.; BULISANI, E. A.; KASAI, F. S. Produtividade do cafeeiro Mundo Novo enxertado e submetido à adubação verde antes e após recepa da lavoura. **Bragantia**, v. 65, p. 115-120, 2006.

PENNA, L. R. **Estudo da construção de aterros em depósitos estratificados de rejeitos de mineração**. Ouro Preto: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2008. 170 p. (Dissertação de Mestrado).

PEREIRA, E. L. **Estudo do potencial de liquefação de rejeitos de minério de ferro sob carregamento estático**. Ouro Preto: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2005, 185 p. (Dissertação de Mestrado).

PEREIRA, I. M. **Revegetação de taludes**. Departamento de Engenharia Florestal - DEF Florestal/DEF Lab. de Conservação de Ecossistemas e Recuperação de Áreas Degradadas. Apresentação em *Power point*. Lavras: UFLA. 2018. Disponível em: [https://pereiraim.webnode.com.br/\\_files/200000056-9ceae9de4f/aula%20revegetação %20de%20taludes.pdf](https://pereiraim.webnode.com.br/_files/200000056-9ceae9de4f/aula%20revegetação%20de%20taludes.pdf). Acesso em: 21 abr. 2022.

PIGNARO NETTO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1441-1448, 2009.

PORTES, A. M. C. **Avaliação da disposição de rejeitos de minério de ferro nas consistências polpa e torta**. Belo Horizonte: Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, 2013, 154 p. (Dissertação de Mestrado).

RAGOZO, C. R. A.; LEONEL S.; TECCHIO, M. A. Nutritional balance and yield for green manure orange trees. **Ciencia Rural**, n. 44, p. 616-621, 2014.

RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. L. Uso de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 7, n. 1,

p. 104-110, 2012. Disponível em: <[http://orgprints.org/22977/1/Rayol\\_Uso.pdf](http://orgprints.org/22977/1/Rayol_Uso.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2017.

REIS, A. F. B.; ALMEIDA, R. E. M.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; NASCENTE, A. E. Effect of cover crops on soil attributes, plant nutrition, and irrigated tropical rice yield. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 837-846, 2017.

REVISTA CAMPO NEGOCIO. **Feijão guandu – Fonte de nitrogênio para as florestas**. 2017. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/feijao-guandu-fonte-de-nitrogenio-para-as-florestas/>. Acesso em: 2 maio 2022.

RICCI, M. dos S. F.; MENEZES, M. B. Desenvolvimento do feijão de porco plantado para adubação verde do cafeeiro cultivado sob manejo orgânico e arborizado. **Sci. agric.**, v. 92, n. 12, p. 138-144, 2018.

RICO, M.; BENITO, G.; SALGUEIRO, A. R.; DÍEZ-HERRERO, A.; PEREIRA, H. G. Reported tailings dam failures. A review of the European incidents in the worldwide context. **Journal of Hazardous Materials**, n. 152, p. 846–852, 2008.

ROCHA, R. G. L.; RIBEIRO, M. C. C.; DA SILVA, F. D. B. Desenvolvimento inicial do feijão guandu em diferentes profundidades e posições da semente na vagem. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 4, p. 297-301, 2017.

RODRIGUES, J. E. L. F.; ALVES, R. N. B.; LOPES, O. M. N.; TEXEIRA, R. N. G.; ROSA, E. S. **A Importância do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC.) como cultura intercalarem rotação com milho e feijão-caupi em cultivo de coqueirais no Município de Ponta-de-Pedras/Marajó-PA**. Comunicado Técnico- Embrapa. Belém - PA. n. 96, 2004.

SALAT, D.; TOLOSA, E. 2013. Levodopa in the treatment of Parkinson's disease: current status and new developments. **Journal of Parkinson's disease**, v. 3, n. 3, p. 255-269. Doi: 10.3233/JPD-130186.

SCHRIRE, B. D. Phaseoleae. In: LEWIS, G.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B.; Lock, M. Legumes of the world. **Royal Botanic Gardens**, Kew, p. 393-431, 2005.

SCRAMIN, S.; SKORUPA, L. A.; MELO, I. S. Utilização de plantas na remediação de solos contaminados por herbicidas – levantamento da flora existente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. In: MELO, I. S. de; SILVA, C. M. M. S.; SCRAMIN, S.; SPESSOTO, A. (Ed.). **Biodegradação**. Jaguariuna: EMBRAPA Meio Ambiente, p. 369-371, 2001.

SILVA, T. O. da; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II- Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.1, p. 39-49, 2007.

SILVA-LÓPEZ, R. E.; VIDAL, N. N. M. *Mucuna pruriens* (L.) DC (Leguminosae). **Revista Fitos Eletrônica**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 34-42, 2010. ISSN 2446-4775.

SILVESTRINI, T. A. M. **Projetos de recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto: possíveis implicações dos usos futuros aplicados às áreas visando à segurança e estabilidade dos solos construídos.** 71p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2013.

SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. **Relatório de Segurança de Barragens 2015.** Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2015-1>. Acesso em: 10 maio 2022. 2015. 168 p.

SOUZA, J. L. de; REZENDE, P. **Manual de horticultura orgânica.** 3 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014. 841p.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental.** Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018. 376 p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais.** Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 376 p.

SOUZA, M. N. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos. p. 11-57. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021. 133 p.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. 2011. **EIA Technical Review Guideline: Non-Metal and Metal Mining.** 1 v., part. 1. United States: EPA, 196p. Disponível em: <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-04/documents/mining\\_vol1.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-04/documents/mining_vol1.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2016.

VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SOUZA, F. F. DE L.; VALADÃO, F. C. de A.; POLIZEL, C. R.; SILVA, R. G. da. Desenvolvimento do feijão-de-porco em latossolo submetido à compactação. **Agronomic Crop Journal**, v. 29, n. 3, p.348-364, 2020. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n3p348-364>.

VALCARCEL, R.; VALENTE, F. D. W.; MOROKAWA, M. J.; CUNHA NETO, F. V.; PEREIRA, C. R. Avaliação da biomassa de raízes finas em área de empréstimo submetida a diferentes composições de espécies. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 923-930, 2007.

VALE. Projeto Ferro Carajás. 48 p. 2012. Disponível em:< <http://www.vale.com/PT/aboutvale/initiatives/s11d/Documents/Final-BookS11D-PORT.pdf>>. EMBRAPA. **Avaliação dos impactos causados ao solo pelo rompimento de barragem de rejeito de mineração em Mariana, MG: Apoio ao plano de recuperação agropecuária.** 2015.

VEJA.ABRIL. **Barragens da Vale licenciadas irregularmente.** 2020. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/barragem-de-brumadinho-foi-ampliada-sem-licenca/>. Acesso em: 05 mar. 2022.

WISE, World Information Service on Energy (2017). **Chronology of major tailings dam failures**. Available at: <http://www.wiseuranium.org/mdaf.html>. Last webpage update on 3 Apr 2017.

## **Autores**

Priscila Moreira Curtis Peixoto, Evaldo de Paula, Credigar Gonçalves Moreira, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Igor Borges Peron, Maria Amélia Bonfante da Silva, Maurício Novaes Souza\*

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

---

## Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente

Ricardo Garcia Lima, Eloisio de Oliveira Martins, Leticia Rigo Tavares, Danillo Sartório Rangel, Geisa Corrêa Louback, Guilherme Andrião Trugilho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Igor Borges Peron, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Ana Lídia Chaves Gomes, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c9>

### Resumo

A manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APP) das propriedades rurais, sendo mal compreendida, é interpretada como um agente dificultador da produtividade agrícola. Para aperfeiçoar a proteção dos recursos hídricos, em 2012 foi publicada a Lei nº 12.651, também conhecida como Novo Código Florestal. Esta lei define termos, diretrizes e procedimentos, visando a proteção do meio ambiente. A legislação ambiental prevê diversas possibilidades para a atividade agroflorestal em APP, inclusive no Estado do Espírito Santo. Então, para melhor compreensão sobre este tema: este capítulo abordou aspectos técnicos, de manejo e socioeconômicos envolvendo Sistemas Agroflorestais (SAF). Além disso, também aborda os aspectos legais envolvendo SAF e APP, no que se refere à documentação necessária, o que pode e não pode ser feito, as diversas possibilidades de atuação e um exemplo prático de APP que pode receber um SAF.

**Palavras-Chave:** Área de Preservação Permanente. Legislação. Sistema agroflorestal.

### 1. Introdução

A manutenção da vida na terra exige, essencialmente, da preservação e, ou, conservação dos recursos naturais, para que se possam produzir alimentos, água e os demais recursos necessários à existência humana. Para isto, faz-se necessário caminhar em um caminho que aponte para o desenvolvimento sustentável.

Uma das definições de desenvolvimento sustentável mais aceitas e divulgadas é a do relatório da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, de 1987, onde define que desenvolvimento sustentável é

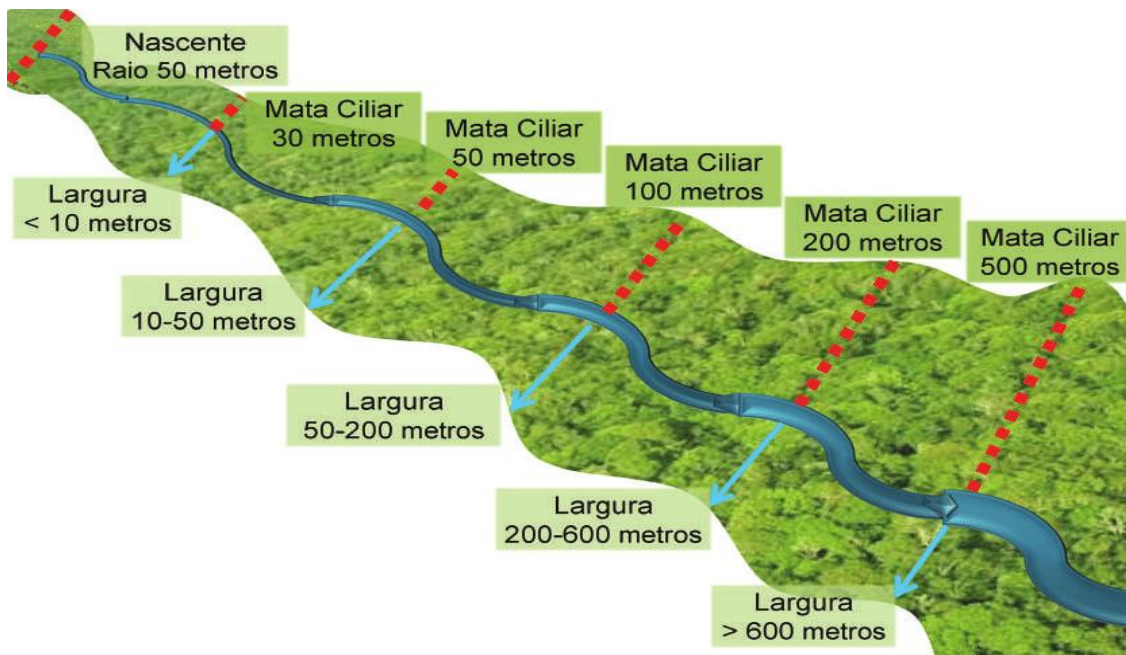
composto por ações que acarretam transformações na exploração dos recursos naturais, com investimentos e direcionado ao desenvolvimento tecnológico, com objetivo de assegurar a expectativa e a vida das atuais e futuras gerações (BRUNTLAND, 1987).

Destes recursos naturais, um dos mais importantes são os recursos hídricos, na qual a Política Nacional de Recursos Hídricos define que a água é de domínio público, é recurso natural limitado, tem valor econômico e, quando se observa escassez de água, a prioridade do seu uso é o consumo humano e a dessedentação de animais. Além disso, sua gestão deve proporcionar uso múltiplo, sua unidade territorial para gestão é a bacia hidrográfica e sua gestão deve ser descentralizada, na qual deve participar o poder público, os usuários e a comunidade (BRASIL, 1997).

Neste sentido, tendo em vista aperfeiçoar a proteção dos recursos hídricos, em 2012 foi publicada a Lei nº 12.651, também conhecida como Novo Código Florestal. Esta lei define termos, diretrizes e procedimentos tendo em vista a proteção do meio ambiente. Dentro destas diretrizes, está a necessidade de implantação da Área de Preservação Permanente, também conhecida como "APP". APP é descrita como área protegida, com ou sem vegetação nativa, na qual tem a função de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica, a paisagem e também a biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico dos animais e das plantas, dar proteção ao solo e garantir o bem-estar dos seres humanos (BRASIL, 2012).

Esta lei define o tamanho das matas ciliares, que são as margens dos recursos hídricos que devem ser preservadas e encobertas por vegetação (Figura 1). Sejam pequenos cursos d'água com menos de 10 metros de largura, sejam cursos d'água com mais de 600 metros de largura, e até lagos e lagoas com área maior que 20 hectares (BRASIL, 2012).

A proteção das margens de corpos hídricos é de essencial importância para a sobrevivência deste ecossistema e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos por ele prestado. A vegetação ciliar possui funções de caráter ambiental, social e cultural, tais como conter erosão, evitar enchentes, deslizamentos de terra e rocha, proteger ecossistemas, abrigar fauna e flora ameaçadas de extinção, proteger locais de valor estético, científico, cultural ou histórico e oferecer bem-estar público (BRASIL, 2012).



**Figura 1.** Largura das faixas de mata ciliar relacionadas à largura do corpo hídrico. Fonte: França; Macedo; Callisto (2019).

Neste sentido, dentro das possibilidades de implantação de uma APP, está a opção de se implantar um SAF (BRASIL, 2006; BRASIL, 2009). Assim, este capítulo trará pontos de observação, detalhes, questões e propostas ligadas à necessidade de proteção e implantação de APP e SAF numa abordagem holística para a realidade do Estado do Espírito Santo.

## 2. Sistemas Agroflorestais (SAF)

Diante do atual cenário agrícola e das possibilidades previstas na lei, nota-se a grande oportunidade de recuperar e preservar as APP, ao mesmo tempo em que nesta mesma área seja possível produzir e obter renda ao produtor rural, que tenha natureza de utilidade pública, seja de interesse social, ou seja, uma atividade de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2006; BREDA et al., 2021).

Os SAF são alternativas que os produtores rurais podem adotar para melhor utilizar os recursos naturais. Almeida (2000) define SAF como uma combinação de culturas agrícolas, arbustos e árvores, com ou sem criação de animais, na qual se tem como objetivo a produção como um todo, de forma integrada.



Tratando-se de um SAF, este possui características do ponto de vista ecológico que podem gerar uma intensa transformação no ambiente, aumentando a eficiência do sistema. Nos SAF a introdução do componente arbóreo influenciará na competição por água, luminosidade e nutrientes (SOUZA, 2004).

No que se referem ao microclima observado nos SAF, mostra-se com menor diferença entre a temperatura mínima e máxima: isto proporciona menor evaporação de água (FARREL, 1984). Além disso, este microclima eleva o nível de sobrevivência de árvores plantadas (PASSOS, 1996) (Figura 2).



**Figura 2.** Recuperação de vegetação ciliar no IF campus de Rio Pomba: maior pegamento das espécies introduzidas em função do microclima existente. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2013).

Também, nos processos ligados à água, de forma geral, nos SAF a água é usada de forma mais eficiente que em sistemas monoculturais - a copa das árvores diminui o impacto da chuva ajudando a prevenir a erosão (MENDONÇA et al., 2001). Além disso, a superfície do solo se torna permeável e melhoram sua estrutura, aportando matéria orgânica e melhorando a infiltração de água no solo, melhorando a disponibilidade de nutrientes e ativando as atividades

microbiológicas do solo (FARREL, 1984). Neste sentido, Yang et al. (2020) relatam que consórcios agroflorestais com seringueira aumentaram a disponibilidade de água no solo.

As árvores também tem grande potencial de provocar transformações nos solos: por meio do elevado aporte de material orgânico, tais como folhas, flores e frutos no solo, proporcionará a redução da erosão e do escoamento superficial, que favorecerá a melhor infiltração de água, reduzindo a temperatura e aumentando o teor de matéria orgânica do solo, melhorando suas características químicas, físicas e biológicas (MACEDO et al., 2000; CRESPO et al., 2022).

Os SAF podem gerar grande melhoria na qualidade dos solos, sob diversos aspectos. Thomazini et al. (2015) apontam que o cafeeiro cultivado em SAF na Mata Atlântica proporcionou melhor qualidade do solo em relação ao cafeeiro cultivado a pleno sol. O SAF proporcionou mais carbono (C) sendo incorporado ao solo pela biomassa microbiana, além do cafeeiro a pleno sol demonstrar maior aumento de temperatura do solo, redução dos estoques de C e N, entre outras consequências.

Um dos aspectos que deve ser levado em consideração na implantação do SAF está relacionado ao fator luminosidade, no qual o componente arbóreo pode se tornar um agente de melhoria do sistema, ou um fator limitador do sistema. Jackson (1981) aponta que o sombreamento de maior parte da área pelas árvores compromete o desenvolvimento das culturas de interesse econômico, principalmente as culturas anuais. Assim, o mesmo autor afirma que é necessário conhecer as diferentes exigências de luminosidade das espécies que irão compor o sistema e o manejo que irá ser aplicado (Figura 3).

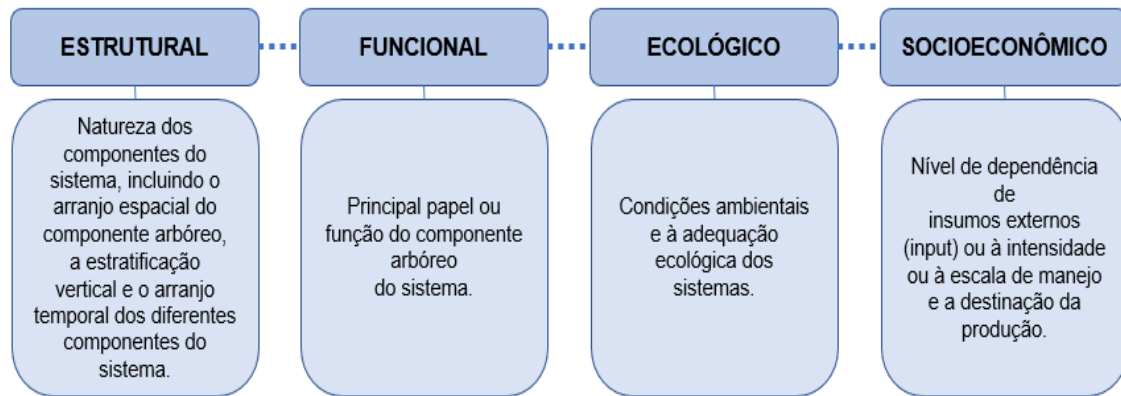
O sombreamento exercido pelas árvores possui impactos que vão além da redução do impacto da radiação solar, pois o sombreamento adequado também previne fatores ecológicos desfavoráveis, tais como baixa fertilidade do solo, impacto dos ventos, ataque de insetos e estresse causado pela seca (ALVIM, 1989a), além do conforto térmico para o trabalhador rural durante o manejo da lavoura (ZAMPIERI et al., 2021). Entretanto, se o sombreamento estiver atrapalhando o sistema, no momento oportuno deve se realizar intervenções como a poda da copa das árvores (SOUZA, 2004).



**Figura 3.** Sistema agroflorestal com a cultura do cafeeiro na Incaper de Pacotuba, ES. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2019).

Melloni et al. (2018) estudaram os efeitos de SAF na qualidade do solo em um sistema cafeeiro-araucária. Com o objetivo de avaliar a qualidade do solo e sua microbiota nesses sistemas, consideraram a existência de SAF de cafeeiro sob dois níveis de sombreamento por araucária (mediano - CSM, intenso - CSI), além do cultivo a sol pleno (CSP), na região sul de Minas Gerais. Amostras de solo foram retiradas dessas três subáreas para determinação de atributos químicos, físicos e, principalmente, microbiológicos e bioquímicos. O SAF cafeeiro-araucária não afetou a distribuição dos grupos microbianos estudados, mas o sombreamento mediano proporcionou maior acúmulo de matéria orgânica no solo, com efeito positivo nos seus atributos físicos e maior formação de micorriza no cafeeiro.

Em relação à classificação dos SAF, há uma complexidade e diversidade, conforme a proposta e os critérios considerados (Figura 4).



**Figura 4.** Critérios de classificação dos SAF. Fonte: Elaborado pelos autores baseado em Nair (1998).

### 2.1. SAF e o manejo de pragas e doenças

Outro aspecto onde os SAF promovem grande influência está ligado no manejo das pragas e doenças. Mchowa; Ngugi (1994) afirmam que, de forma geral, os SAF podem atenuar os problemas relacionados às pragas, pois estes ambientes possuem uma fisionomia heterogênea que ajuda no controle da população de pragas. Além disso, esses mesmos autores citam que nestes ambientes há grande disponibilidade de recursos, tais como néctar, pólen e diversas plantas, que favorecem a presença de organismos que controlam as pragas, mantendo-as sob controle. Um exemplo é citado por Pumariño et al. (2015), onde foi avaliado os efeitos dos SAF em pragas e doenças. Esses mesmos autores constataram que SAF multiestratos influenciam a abundância de inimigos naturais, com o favorecimento das árvores de sombra para a vespa *Cephalonomia stephanoderis* Betrem e o fungo *Beauveria bassiana* que controlam a broca-do-café<sup>19</sup>.

Além das pragas e doenças, outra questão que merece atenção é sobre as ervas invasoras ou oportunistas. Em regiões na qual o clima é quente e úmido, esta característica climática favorece o intenso crescimento vegetativo destas plantas - podem competir com as culturas por luz, água e nutrientes, podendo diminuir a produção das culturas, prejudicar as propriedades nutricionais do solo

<sup>19</sup> A broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) causa danos diretos e indiretos na cultura do café. De maneira direta ocorre pelo ataque da praga ao grão: a redução do peso de grãos de café pode chegar a 20%, além de causar queda prematura dos frutos e depreciação dos grãos nas classificações.

e, dependendo da situação, podem ajudar a disseminar pragas e doenças (SILVA, 2000).

Os SAF podem ajudar a controlar melhor estas plantas invasoras: um exemplo deste controle se deu em consórcio composto por cacaueteiro, açazeiro, pupunheira, bananeira e *Gliricidia sepium*, onde a biomassa fresca depositada ao solo, fruto da poda da gliricídia, controlou as plantas invasoras a níveis mínimos, pois o ambiente não oferecia condições para o desenvolvimento destas invasoras (SILVA, 2000).

## 2.2. SAF e os processos sucessórios

Outro ponto importante que se deve levar em consideração para promover a sustentabilidade dos SAF, está relacionado ao manejo e aos processos sucessórios. Para Gliessmann (2001), conhecer os processos sucessórios pode favorecer a sustentabilidade do agroecossistema e o manejo deste agroecossistema deve levar em consideração os processos sucessórios que acontecem de forma natural na região.

No que diz respeito ao manejo, levando-se em consideração a sucessão natural, o que orientará a introdução ou a retirada de uma espécie de planta do sistema é o conhecimento de sua função ecofisiológica, pois a demanda ambiental, o porte e o crescimento destas espécies deverão se adequar ao local na qual elas serão inseridas (VAZ, 2000).

Esse mesmo autor ainda afirma que processos naturais para a renovação, como os ocasionados pelo vento e pelas formigas, podem ser antecipados e substituídos pelas podas das plantas, que em conjunto com o plantio, constituem as principais ações de manejo. Assim, diante deste cenário, é possível manter a capacidade de restauração do sistema, geração de renda, preservação dos recursos e balanço energético positivo.

Para o melhor manejo dos processos sucessórios em SAF, Gliessman (2001) propõe que o sistema passe pelos seguintes estágios:

**Estágios 1 e 2:** deverá se plantar no sistema uma cultura anual de rápido crescimento para captar nutrientes do solo, gerar produção inicial e dar melhores condições ao sistema para a implantação de outras espécies.

**Estágio 3:** poderá plantar culturas anuais diversas do nível pioneiro - estas plantas ocuparão diferentes profundidades do solo, tendo necessidades

diferentes e atrairão diversos insetos para o ambiente. Uma destas espécies pode ser leguminosa que tem a capacidade de fixar nitrogênio (N) ao solo. Este arranjo possibilitará melhoria do ambiente para as plantas e animais que ocuparão este espaço posteriormente.

**Estágio 4:** neste estágio poderá ser implantado no sistema culturas perenes de vida curta, que aproveitarão da cobertura de solo produzida pelos estágios anteriores. Estas espécies diversificarão o sistema - com suas raízes mais profundas, mais matéria orgânica armazenada na biomassa e habitats diversos que alavancarão o processo de sucessão do sistema.

**Estágio 5:** com o solo em melhores condições, pode ser implantado no sistema plantas perenes de vida mais longa, sejam elas frutíferas ou florestais, mantendo-se as anuais e perenes de vida mais curta. As árvores se beneficiam da presença das plantas anuais próximas a elas no ambiente, pois diminui a competição entre as mudas de árvores e plantas invasoras.

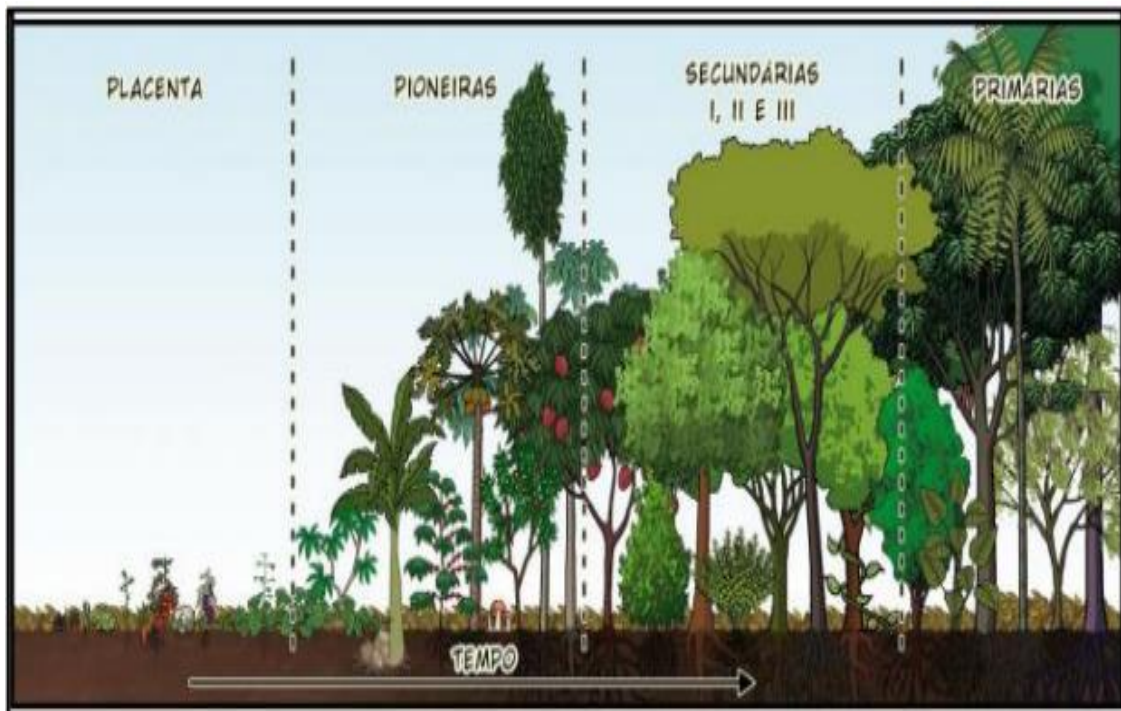
**Estágio 6:** ao passo que as árvores vão se desenvolvendo, os espaços deixados entre elas poderão ser cultivados com plantas anuais e perenes de vida curta, com adequado manejo agroflorestal.

**Estágio 7:** por fim, com as árvores atingindo pleno desenvolvimento, tem-se a opção de manter o sistema como está ou por intermédio de manejo por perturbação do ambiente fazer este agroecossistema retornar a estágios anteriores.

Neste sentido, esses estágios se assemelham com os estágios da sucessão ecológica (Figura 5). Os SAF passam por transformações ao longo do tempo, em sua estrutura, abundância e diversidade de espécies, a partir do manejo aplicado e de fatores ambientais (ACRE, 2019).

No manejo agroflorestal, uma das principais atividades é a poda, que por muitas vezes é imprescindível para a sustentabilidade do sistema. Pela poda se realiza processos de “inspiração” e “expiração”, que de forma rítmica vão se alternando, mexendo com todo o sistema. A inspiração se dá a partir da captação de energia solar pelas plantas: esta energia é armazenada na forma de carboidratos, assim complexificando a energia e diversas outras substâncias pelo SAF. O processo de inspiração se dá na fase de crescimento vegetativo com o acúmulo de biomassa pela fotossíntese (VON OSTERROHT, 2002).

Entretanto, a expiração acontece por meio das podas ou então pela ação natural, onde se forma a serapilheira, posteriormente a matéria orgânica e o húmus do solo. Com a realização das podas, grande volume de biomassa cobre o solo, onde é potencializada a ciclagem de nutrientes, a regulação de temperatura e a retenção de água, provocando uma rebrota intensa, iniciando-se nova inspiração do sistema (VON OSTERROHT, 2002).



**Figura 5.** Sucessão ecológica com alguns grupos sucessionais. Fonte: Lotufo Jr.; Trevelin (2019).

A poda realizada em SAF pode, com o passar do tempo, melhorar substancialmente a fertilidade do solo (Figura 6). Paula et al. (2015) concluíram que a deposição de biomassa de *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em longo prazo, pode aumentar a fertilidade do solo e melhorar a disponibilidade de nutrientes para as culturas cultivadas de forma intercalar.



**Figura 6.** SAF e podas na Incaper de Pacotuba, ES: melhoria da fertilidade do solo. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2019).

Ao adicionar o componente arbóreo ao sistema, devem-se levar em consideração as possíveis reações negativas que o sistema pode apresentar: por exemplo, interferências alelopáticas entre árvores e culturas agrícolas, levando ao aparecimento de surtos de pragas e doenças, danos mecânicos causados nas culturas pela queda de galhos, ramos e frutos das árvores. Estes danos podem ser evitados com um monitoramento bem executado, escolha certa das espécies de árvores e culturas anuais, plantio na época adequada, arranjo espacial bem desenhado e poda bem executada. Outras questões de manejo podem minimizar os riscos e maximizar os efeitos benéficos do SAF (GLIESSMAN, 2001).

No que se diz respeito ao arranjo espacial, este deverá ser de acordo com o planejamento feito para o sistema e deve levar em consideração as condições ambientais onde está localizado o SAF (GLIESSMAN, 2001). Recomenda-se que os SAF sejam implantados em áreas menores, para ser coerente com a estrutura fundiária das propriedades - a introdução de novos elementos ao sistema necessita de mais avaliações e estudos para o manejo destes sistemas em grande escala (FRANCO, 1995).



### 2.3. SAF e seus aspectos socioeconômicos

No aspecto socioeconômico os SAF também se mostram como uma alternativa atraente aos produtores rurais: possuem maiores valores de produção com o mesmo custo, ou o mesmo valor de produção com custos menores (VAZ, 2000). Tal viabilidade econômica se deve à redução da necessidade de uso de insumos externos, possibilidade de realização de várias atividades durante o ano, controle da época de colheita e, de forma especial, por conta das interações biológicas praticadas pelos componentes do SAF (MACDICKEN; VERGARA, 1990).

Para um bom resultado econômico dentro da atividade agroflorestal, que é complexa por ser caracterizada pela multiplicidade de culturas, devem-se compreender os diversos aspectos de produção considerando o sistema todo como uma atividade integral (SILVA, 2000).

Pode-se observar que o benefício econômico que os SAF trazem é, principalmente, fruto das interações biológicas que favorecem os componentes do sistema - o aumento da rentabilidade se dá pelo censo de oportunidade e pela qualidade daquilo que é produzido no sistema (HOEKSTRA, 1990).

Outro aspecto ligado à viabilidade econômica dos SAF está ligado à adubação das culturas. Assim, levando em consideração que o nutriente mais limitante para as culturas seja o N, no Brasil, por conta do seu alto custo acontecem dois problemas: a) redução da produtividade somada aos riscos de pauperização; e b) depauperamento do solo somado ao risco de degradação ambiental (SANCHEZ; PALM, 1996).

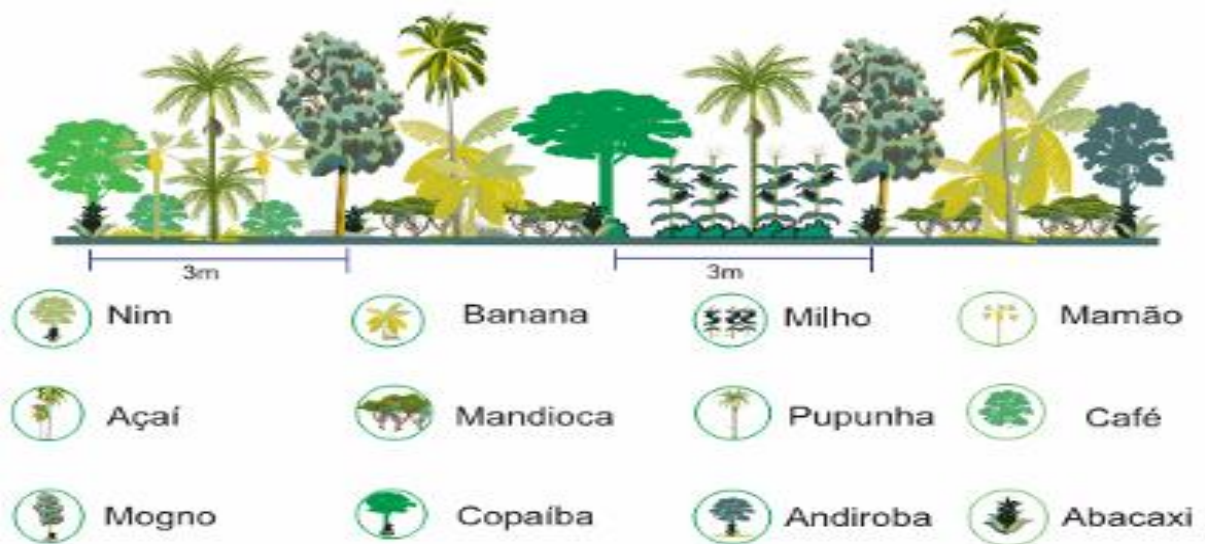
Porém, Sanchez; Palm (1996) afirmam que algumas árvores que podem ser usadas em SAF, particularmente as leguminosas, têm a capacidade de fornecer N ao agroecossistema, por meio de interações simbióticas com bactérias do gênero *Rhizobium*: desta forma, todo o sistema é beneficiado.

Como exemplo, estima-se que a *Leucaena leucocephala* pode adicionar em torno de 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N; a *Acacia* spp. pode adicionar 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; e a *Erythrina* spp. em torno de 60 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N ao solo (MACEDO et al., 2000).

Além do que foi citado anteriormente, com os SAF são reduzidas as perdas devidas às intempéries advindas dos fatores climáticos e dos ataques de pragas. Por ter uma característica perene, os custos dos SAF são menores em

comparação aos custos das culturas anuais que exigem constante preparo do solo (MACEDO et al., 2000).

Reforçando o que foi exposto anteriormente sobre a viabilidade econômica dos SAF, Martinelli et al. (2019) concluíram que um SAF biodiverso pode ser bastante viável do ponto de vista econômico. Esses mesmos autores avaliaram sua viabilidade econômica, considerando (o) (a): valor presente líquido, taxa interna de retorno, valor anual uniforme equivalente, período de retorno descontado, índice de rentabilidade, taxa interna modificada de retorno, relação de custo de benefício e modelo de precificação de ativos de capital (Figura 7).



**Figura 7.** SAF e aspectos socioeconômicos. Fonte: Oliveira et al. (2010).

De acordo com Martinelli et al. (2019), os SAF brasileiros, enquanto sistemas produtivos integrados, mostraram-se, geralmente, mais vantajosos economicamente que os convencionais. Uma série de fatores os torna compatíveis com abordagens que buscam simultaneamente produção sustentável, conservação da biodiversidade e mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

## 2.4. SAF e as mudanças climáticas

Os efeitos negativos das mudanças climáticas, como a redução da produtividade de culturas com interesse agrônômico, têm sido observados em várias regiões do planeta. Fato preocupante diante da possibilidade de aumento da demanda por alimentos em até 2% ao ano nas próximas décadas, devido à expectativa de melhoria das condições econômicas e do crescimento populacional (SCHEMBERGUE et al., 2017).

O setor agropecuário, além de sofrer os efeitos das mudanças climáticas, contribui para sua intensificação quando gases do efeito estufa (GEE) são liberados pelo desmatamento, uso de fertilizantes, pecuária e outras práticas agrícolas (BEDDINGTON et al., 2012). Este duplo papel exercido por esse setor sobre as questões relacionadas às mudanças climáticas, têm incentivado e intensificado a produção agropecuária sustentável.

No Brasil, o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), vem incentivando a utilização de SAF. Devido ao compromisso assumido de forma voluntária de reduzir as emissões de GEE na 15ª Conferência das Partes (COP-15) em Copenhague, Dinamarca (TORRES et al., 2014).

O Plano ABC é uma das estratégias setoriais que compõem a Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC (Lei nº 12.187/2009). A PNMC visa o incentivo a adoção de práticas sustentáveis que visam reduzir as emissões de GEE na economia brasileira, aliadas à agregação de renda aos produtores rurais e desenvolvimento de tecnologias, tais como: recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), SAF, sistema de plantio direto (SPD), fixação biológica de nitrogênio (FBN) e florestas plantadas (BRASIL, 2011). O Plano ABC, por sua vez, previu a expansão da área utilizada com SAF em quatro milhões de hectares até 2020 (BRASIL, 2013), o que reduziria as emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% dos níveis de 2005 (TORRES et al., 2014).

Com o objetivo de estabelecer a relação entre as espécies em diferentes desenhos de SAF biodiversos e estoque de carbono, em sua fase inicial de desenvolvimento, Fernandes et al. (2018) observaram que desenhos com maior densidade de árvores frutíferas e árvores de sombra, levaram a um maior

armazenamento de C na fase inicial de estabelecimento do SAF biodiverso, e que a riqueza e a diversidade de espécies estão diretamente relacionadas ao maior sequestro de carbono dos SAF cacauzeiros.

Mesmo em relação às questões onde não há efetivo controle humano, como nas questões climáticas, os SAF podem diminuir os impactos climáticos sobre os cultivos. Um estudo onde se estimaram os efeitos da mudança climática em regiões produtoras de café no Sudeste do Brasil, concluiu-se que haverá aumento de temperatura que inviabilizará a produção de café a pleno sol em diversas regiões. Entretanto, a prática de produção de café em SAF diminuirá os impactos climáticos sobre a produção de café nesta região, afetando positivamente, as questões econômicas dos cultivos (GOMES et al., 2020).



**Figura 8.** Área experimental da Incaper em Pacotuba, ES: café a pleno sol (menos produtivo) e café cultivado em SAF. Fonte: Arquivo Maurício Novaes (2019).

Schembergue et al. (2017), analisaram o papel desempenhado pelos SAF como medida adaptativa às mudanças climáticas no Brasil. Os resultados indicaram que variáveis socioeconômicas (propriedade da terra, opções de financiamento, acesso a informações e assistência técnica) e agrônômicas (disponibilidade de recursos hídricos e qualidade do solo) influenciam a adoção

de SAF nos municípios brasileiros. As condições climáticas (temperatura e precipitação) também têm participação importante no emprego desses sistemas, o que confirma seu papel de estratégia adaptativa. Concluíram também que os SAF têm potencial de melhorar o desempenho agrícola brasileiro: o valor da terra tende a ser maior em municípios onde esses sistemas são utilizados. Segundo esses mesmos autores, os SAF podem tornar o setor agropecuário menos exposto aos efeitos negativos das mudanças climáticas - tanto no presente quanto em cenários futuros.

### **3. Aspectos legais sobre Áreas de Preservação Permanente (APP)**

Diante da possibilidade de se manejar uma APP com um SAF, naturalmente pode surgir dúvidas sobre o que e quem é permitido, e o que, quem e onde não é permitido realizar a implantação deste sistema. As intervenções nas APP, previstas em lei e autorizadas pelos órgãos ambientais competentes, deverão ser de utilidade pública ou interesse social, para realizar ações eventuais e com baixo impacto ambiental (BRASIL, 2006).

Dentro da realidade agrícola, de acordo com o que a lei determina, pode se entender como atividades de interesse social, a prevenção, combate e controle do fogo, medidas de controle de erosão, manejo agroflorestal sustentável, em pequena propriedade ou posse rural familiar desde que não prejudique a função ecológica da área (BRASIL, 2006).

#### **3.1. Documentos necessários**

Um documento necessário para a regularização do SAF na APP é o Cadastro Ambiental Rural (CAR), onde tal cadastro se torna obrigatório para todos os imóveis rurais. Este cadastro reúne informações ambientais das propriedades rurais com objetivo de controle, monitoramento, planejamento econômico e ambiental, além de combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

A propriedade deve estar alinhada ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) de cada estado. Para se adequar ao PRA, é obrigatória a inscrição no CAR (BRASIL, 2012).

Além do PRA, no Estado do Espírito Santo também pode ser necessária a elaboração de um Projeto de Recuperação de Área Degradada (PRAD) para fins de manejo nas APP, de acordo com a situação legal da propriedade junto ao

CAR: em casos particulares, deverá se realizar a Informação de Corte para exploração madeireira (ESPÍRITO SANTO, 2020).

### 3.2. O que pode e o que não pode ser feito na APP

A legislação prevê a possibilidade de se efetuar o plantio de espécies nativas com objetivo de produzir frutos, castanhas, sementes e outros produtos vegetais em áreas alteradas, plantadas de modo misto ou junto, por meio do manejo agroflorestal. Além disso, nesta área pode se proceder a coleta de produtos não madeireiros com o objetivo de subsistência e a possibilidade de produção de mudas, respeitando a legislação vigente sobre recursos genéticos (BRASIL, 2006).

Entretanto, para o Estado do Espírito Santo, em casos particulares, é permitida por lei a exploração madeireira: desde que a propriedade esteja cadastrada no CAR e aderida ao PRA, ou então realize um PRAD aprovado pelo IDAF (ESPÍRITO SANTO, 2020)

Em uma dada área sem vegetação nativa dentro de uma APP, pode-se efetuar o plantio de espécies nativas em linha; nas entrelinhas, pode-se efetuar o plantio de herbáceas exóticas para a adubação verde, e culturas anuais para a realização de colheita (Figura 9). Este manejo deve estender-se até o 3º ano de implantação das culturas (BRASIL, 2009).



**Figura 9.** SAF e o plantio de espécies nativas em linha. Fonte: Dubois et al. (1996).

O plantio de espécies exóticas - sejam elas lenhosas, perenes ou de ciclo longo, está limitado ao percentual de 50% da área total a ser recomposta nos imóveis que se enquadram nas condições de pequenas propriedades rurais (BRASIL, 2012).

Na área deverá se estabelecer, no mínimo, 500 indivíduos por hectare, sendo estes indivíduos de, no mínimo, 15 espécies perenes nativas com as mesmas características da vegetação nativa local (BRASIL, 2009).

Em relação às limitações, nesta área que irá se implantar um SAF, é proibido o uso desta área para pastejo de animais domésticos. Além disto, não poderá se cultivar espécies exóticas invasoras: são espécies de plantas cuja introdução pode ameaçar o ecossistema e causar impactos negativos de ordem ambiental, social, econômica e cultural (BRASIL, 2009).

### **3.3. Possibilidades de cultivos**

Uma das possibilidades de cultivos de espécies nativas em SAF nas APP está ligada ao cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), que tem ocorrência natural no Estado do Espírito Santo (NEVES et al., 2016). O fruto desta planta possui propriedades medicinais: sejam elas antioxidantes (OLIVEIRA et al., 2020); ou antibacteriana (LINDEN et al., 2020).

A aroeira-vermelha (Figura 10) ocorre naturalmente em regiões do país de grande diversidade climática, desenvolvendo-se em regiões com baixíssimos níveis de chuva, como no Rio Grande do Norte (precipitações médias de 700 mm por ano), até regiões com níveis mais elevados, como no Estado de São Paulo (2700 mm de chuva por ano) (NEVES et al., 2016).

Cabe destacar que a aroeira se mostra como uma espécie bastante adequada para a recuperação florestal - apresenta crescimento rápido e comportamentos típicos de espécies pioneiras (GOMES, 2013). No que se refere à produção de frutos, com boas práticas de manejo, a aroeira pode atingir níveis de produção que se situam entre 5-10 kg planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> no primeiro ano após o plantio (NEVES et al., 2016).



**Figura 10.** SAF e a aroeira-vermelha. Fonte: Neves et al. (2016).

Outra espécie de potencial para se implantar em SAF, que ocorre de forma natural no território do Estado do Espírito Santo, é a palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) - considerada símbolo da Mata Atlântica: seja pela sua importância ecológica, quanto econômica e cultural (MARTINS; SOUZA, 2009; GUIMARÃES; OLIVEIRA, 2017).

De acordo com esses mesmos autores, há de se considerar que o extrativismo para a retirada do palmito leva a planta à morte. Assim, a sua ocorrência se tornou ameaçada - diferentemente do açaí (*Euterpe oleracea* Martius), a juçara (Figura 11) possui apenas um estipe: não perfilha e não rebrota.

A exploração sustentável da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) consiste no manejo dos seus frutos, que podem se mostrar uma alternativa viável para o Espírito Santo - a planta ocorre naturalmente e é adaptada ao clima e ao solo (GUIMARÃES; OLIVEIRA, 2017).

Quanto à produtividade dos frutos de juçara, em pesquisa desenvolvida no ano de 2014 na região serrana do Espírito Santo, mostrou que em média a planta de juçara produziu dois cachos por ano e, cada cacho, pesava em torno de 4,6 kg de frutos (GUIMARÃES et al., 2015).





**Figura 11.** SAF com palmeira-juçara. Fonte: Franco (2020).

Além das duas espécies nativas citadas anteriormente, outra espécie nativa do ES com grande potencial para uso dos frutos é a sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) - foi descrita primeiramente na então província do Espírito Santo, no ano de 1829 (CAMBESSEDES, 1829). As castanhas da sapucaia, que são as suas sementes, são saborosas ao paladar humano e muito apreciadas pela fauna, principalmente pelos morcegos que dispersam as suas sementes (MORI; PRANCE, 1990).

Inclusive, as castanhas de sapucaia podem ser uma excelente alternativa para o suprimento de Selênio no nosso organismo, sendo um ingrediente alimentar funcional - alternativa às diversas castanhas consumidas (ROSA et al., 2020).

Um exemplo para melhor ilustrar a possibilidade de utilização de SAF em APP pode ser a de uma propriedade em Marataízes (Figura 12), no litoral sul do Estado do Espírito Santo.



**Figura 12.** Área de preservação permanente em Marataízes. Fonte: Acervo Ricardo Garcia Lima (2020).

A APP em questão está situada às margens de uma lagoa que possui área menor que 20 ha. A propriedade em questão que margeia a lagoa possui tamanho menor que um módulo fiscal e está localizada em área consolidada: logo, a faixa de proteção da lagoa a ser preservada deverá possuir pelo menos 5 metros de largura em relação à borda da calha do leito regular do recurso hídrico, de acordo com a legislação.

Conforme o exemplo da Figura 12, levando-se em consideração a vegetação nativa, topografia e as condições de clima e solo, uma espécie nativa que poderia compor o SAF para esta APP, com a capacidade de geração de renda, é a aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Ademais, devido à sensibilidade da área pela proximidade com o recurso hídrico, é possível a utilização de espécies exóticas para adubação verde e o plantio de culturas anuais alimentícias; contudo, sem a prática de revolvimento do solo.

#### **4. Considerações finais**

A prática das técnicas e princípios florestais e agroflorestais somente têm a colaborar com as práticas da agropecuária: o componente arbóreo pode elevar

o nível de produtividade e eficiência dos cultivos e assim melhorar a vida do agricultor e pecuarista.

Os institutos de ensino, como o IFES campus de Alegre e as universidades públicas, muito podem contribuir para o fomento de práticas que tenham como objetivo a preservação e, ou, conservação dos recursos naturais por intermédio de seus professores e alunos. Ademais, cabe destacar o papel de órgãos estaduais, tais como o IDAF e o Incaper, que conseguem mostrar os caminhos e oferecer apoio nas ações que tenham como objetivo final a sustentabilidade da agropecuária, contribuindo assim para toda a sociedade.

A legislação, principalmente a capixaba, oferece caminhos para que o produtor possa produzir e preservar o solo, a água, os recursos naturais. É necessário conhecimento das possibilidades e das técnicas para implantação dos cultivos agroflorestais. Na Mata Atlântica, há inúmeras possibilidades para o produtor trabalhar em conjunto com a natureza: não é vilã - é uma forte aliada no processo de desenvolvimento.

Os tipos de SAF aqui descritos, já implantados nas diversas regiões citadas, foram escolhidos pelos agricultores e agricultoras que os implantaram por diferentes motivos, de acordo com uma dada lógica, tais como a questão do trabalho, da renda, ou da sobrevivência da família. É importante conhecer os sistemas já implantados, suas características, vantagens e limitações, para que as chances de sucesso econômico dos futuros sistemas a serem implantados sejam maiores.

## **5. Agradecimentos**

Agradeço ao IFES campus de Alegre pela oportunidade de publicar sobre este tema de grande importância para a sociedade.

Agradeço ao professor Maurício Novaes Souza pelo conteúdo ensinado em aula, direcionamentos e diálogo sempre próximo com os alunos.

Por fim, agradeço aos meus pais que sempre se esforçaram para que eu estudasse e, particularmente, que eu tivesse condições de escrever sobre este tema.

## 6. Referências

ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA. **Sistemas agroflorestais indicados para o Acre**: Catálogo. SEMA: GOVERNO DO ESTADO DO ACRE, Rio Branco- AC, 40p. 2019.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus, BA: Editus, 2000. 148p.

ALVIM, P. T. Tecnologias apropriadas para agricultura nos trópicos úmidos. **Agrotrópica**, v 1, n.1, p.5-23, 1989.

BEDDINGTON J. R.; ASADUZZAMAN, M; CLARK, M. E.; FERNÁNDEZ BREMAUNTZ A.; GUILLOU, M. D.; HOWLETT, D. J.; JAHN, M. M; LIN, E.; MAMO, T.; NEGRA, C.; NOBRE, C. A.; SCHOLLES, R. J.; VAN, B. O. N; WAKHUNGU, J. What Next for Agriculture After Durban? **Science**, v. 335, p. 289-290, 2012.

BRASIL, Governo Estadual de Goiás. Cartilha Novo Código Florestal de Goiás. Sistema FAEG 2016. Disponível em: <https://sistemafaeg.com.br/faeg/downloads/cartilha-educacao-ambiental-produtor-rural>. Acesso em: 13 set. 2020.

BRASIL. Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2013. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/\\_mma\\_08\\_2013\\_5.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/_mma_08_2013_5.pdf). Acesso em: 20 ago. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 5, de 08 de setembro de 2009**. Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes e da Reserva Legal instituídas pela Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/\\_arquivos/in\\_mma\\_05\\_2009\\_5.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/_arquivos/in_mma_05_2009_5.pdf). Acesso em: 20 ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em: 20 ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm). Acesso em: 20 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**. Brasília, DF, 2011. 75 p. Versão preliminar.

BRASIL. **Resolução nº 369**, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 20 ago. 2020.

BREDA, A. M. M.; LACCHINE, P. da S.; SOUZA, M. N.; MOURA NETO, H.; MOREIRA, C. G.; RODRIGUES, D. D.; DAMPIERI, F. G.; OLIVEIRA, C. de; SANTOS, G. S.; SARAIVA, V. S. Utilização de manejo agroecológico na elaboração de Plano de Recuperação de Área Degradadas – PRAD, com o auxílio da técnica de irrigação. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. p. 303-323.

BRUDTLAND, G. H. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. 430p.

CAMBESSEDES, J. *Lecythis pisonis*. In: SAINT-HILAIRE, A. de; CAMBESSÈDES, J.; JUSSIEU, A. de. **Flora Brasiliae Meridionalis** (quarto ed.), v. 2, n. 20, p. 377, 1829.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; ARAÚJO, J. B. S.; RANGEL, O. J. P.; SOUZA, J. L. de; GONÇALVES, D. da C. The green corn development and yield on different summer soil covering plants in the organic no-tillage system. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) Peer-Reviewed Journal**. ISSN: 2349-6495 (P) | 2456-1908 (O). v. 9, n. 3; p. 217-225, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.93.27>.

DUBOIS, J. C. L.; VIANA, V. M.; ANDERSON, A. B. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRAF, 1996. 228p.

ESPÍRITO SANTO. **Instrução Normativa nº 1**, de 09 de janeiro de 2020. Define a Informação de Corte como documento oficial que habilita a exploração de florestas plantadas de espécies exóticas, para fins madeireiros, produção de carvão e de celulose, nos termos do art. 20, do Decreto Estadual nº 4.124 – N/1997. Disponível em: <https://idaf.es.gov.br/Media/idaf/Documentos/Legisla%C3%A7%C3%A3o/Institucao%20IDAF%20001-2023%20de%20Corte.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2020.

FARRELL, J. G. Sistemas agroflorestais. In: ALTIERI, M. A., **Agroecologia: bases científicas de la agricultura alternativa**. Santiago, Chile: CIAI. 157p. 1984.

FERNANDES, C. A. F.; MATSUMOTO, S. N.; FERNANDES, V. S. Carbon stock in the development of different designs of biodiverse agroforestry systems. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 720-725, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p720-725>. Acesso em: 13 nov. 2021.

FRANÇA, J.; MACEDO, D. **Primeira parada**: Estação Usos e Ocupação da terra. Doi: 10.17648/ufmg-monitoramento2019-4. 2019.

FRANCO, F. S. **Diagnóstico e desenho de sistemas agroflorestais em microbacias hidrográficas no município de Araponga, Zona da Mata de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

FRANCO, F. S. **Sistemas agroflorestais com juçara**. Disponível em: <http://www.ecoagri.com.br/web/wp-content/uploads/Cartilha-SAF-Jucara-2.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. 2001. 201p.

GOMES, L. C.; BIANCHI, F. J. J. A.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, R. B. A.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHULTE, R. P. O.. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: a spatially explicit assessment in brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.L.], v. 294, p. 1-11, jun. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>. Acesso em: 13 set. 2020.

GOMES, L. J. **Pensando a biodiversidade**: aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.). São Cristóvão: Editora UFS, 2013. 372 p.

GUIMARÃES, L. A. O. P.; DE SOUZA, R. G.; DORZENONI, R. R.; MENDONÇA, G. C. Produção e maturação de frutos da palmeira juçara: primeiros resultados para a Região Serrana do Espírito Santo. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19/ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 15, 2015, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2015.

GUIMARÃES, L. A. O. P.; OLIVEIRA, R. G. **Palmeira juçara**: patrimônio natural da mata atlântica no espírito santo. Vitória: Incaper, 2017. 68 p.

HOEKSTRA, D. A. Economics of agroforestry. In: MacDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry**: classification and management. New York: John Wiley & Sons, 1990. p. 311-331.

JACKSON, J. E. Light climate and crop-tree mixtures. In: Huxley, P. A. **Plant Research and Agroforestry**. Nairobi: ICRAF. 1981. p. 365-378.

LINDEN, M.; BRINCKMANN, C.; FEUEREISEN, Michelle M.; REVIEW; SCHIEBER, A.. Effects of structural differences on the antibacterial activity of biflavonoids from fruits of the Brazilian peppertree (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Food Research International**, [S.L.], v. 133, p. 1-8, jul. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109134>. Acesso em: 13 set. 2020.

LOTUFO JR, J. P. B.; TREVELIN. **Agrofloresta em quadrinhos: Pequeno manual prático**. Ed. Jaboticabal. 2019.

MACDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry: classification and management**. Washington: Kenneth G. USA, 1990. 382p.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 202, p. 93-98, 2000.

MARTINELLI, G. do C.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P.; GIMENES, R. M. T. Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. **Land Use Policy**, [S.L.], v. 80, p. 274-286, 2019. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.019>. Acesso em: 13 set. 2020.

MARTINS, S. V.; SOUZA, M. N. **Cultivo do Palmiteiro-Juçara (Euterpe Edulis Mart.)**: Produção de palmito e restauração florestal. Viçosa: Aprenda Fácil, 2009, v.3000. 107p.

MCHOWA J. W.; NGUGI, D. N. Pest complex in agroforestry systems: the Malawi experience. **Forest Ecology and Management**, n. 64, p. 277-284, 1994.

MELLONI, R.; COSTA, N. R.; MELLONI, E. G. P.; LEMES, M. C. S.; ALVARENGA, M. I. N.; NUNES NETO, J. Sistemas agroflorestais cafeeiro-araucária e seu efeito na microbiota do solo e seus processos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, n. 28, v. 2, p. 784-795, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509832392>.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

MORI, S.A.; PRANCE, G. T. Lecythidaceae - Part II: The zygomorphic-flowered New World genera (*Bertholletia*, *Corythophora*, *Couratari*, *Couroupita*, *Eschweilera*, and *Lecythis*). **Flora Neotropica Monographs**, v. 21, n. 2, p. 371-376, 1990.

NAIR, P.K.R. Diretrizes em pesquisa agroflorestal tropical: passado, presente e futuro. In: NAIR, P. K. R.; LATT, C. R. (eds.) *Directions in Tropical Agroforestry Research*. **Ciências Florestais**, v. 53. Springer, Dordrecht. 1998.

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

OLIVEIRA, N. L.; JACQ, C.; DOLCI, M.; DELAHAYE, F.. Desenvolvimento Sustentável e Sistemas Agroflorestais na Amazônia matogrossense. **Confins**, [S.L.], n. 10, p. 1-17, 17 nov. 2010. OpenEdition. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4000/confins.6778>. Acesso em: 13 set. 2020.

OLIVEIRA, V. S. de; AUGUSTA, I. M.; BRAZ, M. V. da C.; RIGER, C. J.; PRUDÊNCIO, E. R.; SAWAYA, A. C. H. F.; SAMPAIO, G. R.; TORRES, E. A. F. da S.; SALDANHA, T. Aroeira fruit (*Schinus terebinthifolius* Raddi) as a natural antioxidant: chemical constituents, bioactive compounds and in vitro and in vivo antioxidant capacity. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 315, p. 1-8, jun. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126274>. Acesso em: 13 set. 2020.

PASSOS, C. A. M. **Sistemas agroflorestais com eucalipto para uso em programas de fomento florestal, na região de Divinópolis, MG**. Viçosa, 1996. 146p. Tese (Doutorado). Universidade federal de Viçosa. Viçosa: UFV, 1996.

PAULA, P. D. de; CAMPELLO, E. F. C.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. de A. RESENDE, A. S. de. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *gliricidia sepium* e acacia angustissima em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 791-800, 30 set. 2015. Universidad Federal de Santa Maria. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509819696>. Acesso em: 13 set. 2020.

PUMARIÑO, L.; SILESHI, G. W.; GRIPENBERG, S.; KAARTINEN, R.; BARRIOS, E.; MUCHANE, M. N.; MIDEGA, C.; JONSSON, M. Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: a meta-analysis. **Basic And Applied Ecology**, [S.L.], v. 16, n. 7, p. 573-582, nov. 2015. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2015.08.006>. Acesso em: 13 set. 2020.

ROSA, T. L. M.; ARAUJO, C. P. de; KAMKE, C.; FERREIRA, A.; FERREIRA, M. F. da S.; OLIVEIRA, J. P. B. de; SCHMILDT, E. R.; LOPES, J. C.; MENGARDA, L. H. G.; OTONI, W. C. Sapucaia nut: morphophysiology, minerals content, methodological validation in image analysis, phenotypic and molecular diversity in *lecythis pisonis* cambess.. **Food Research International**, [S.L.], v. 137, p. 1-9, nov. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109383>. Acesso em: 13 set. 2020.

SANCHEZ, P.; PALM, C. Nitrogen and phosphorus in African soils: what role for agroforestry? **Agroforestry Today**, Nairobi, v. 8, n. 4, p. 14-16, 1996.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A. da; CARLOS, S. de M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, v. 55,



n. 1, p. 9-30, 2017. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550101>.

SILVA, I. C. **Viabilidade agroecômica do cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) com açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) e com pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) em sistema agroflorestal na Amazônia**. Curitiba, 2000, 143 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SOUZA, M. N. **Degradação e Recuperação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. Viçosa, 2004. 371 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

TEIXEIRA, C. P. **Sistemas agroflorestais: experiências no estado do espírito santo**. 2020. Disponível em: [http://ead.senar.org.br/wp-content/SISTEMAS%20AGROFLOR\\_EXPERIENCIAS.pdf](http://ead.senar.org.br/wp-content/SISTEMAS%20AGROFLOR_EXPERIENCIAS.pdf). Acesso em: 13 set. 2020.

THOMAZINI, A.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; GARBIN, M. L.; Dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. **Geoderma Regional**, [S.L.], v. 5, p. 15-24, 2015. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geodrs.2015.02.003>. Acesso em: 13 set. 2020.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.79.633>. Acesso em: 13 nov. 2021.

VAZ, P. Sistemas agroflorestais com opção de manejo para microbacias. In: **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n. 207, p.75-81, 2000.  
VON OSTERROHT, M. Implantação de agroflorestas. **Agroecologia**, v. 3, n. 15, p. 8-11, 2002.

YANG, B.; MENG, X.; SINGH, A. K.; WANG, P.; SONG, L.; ZAKARI, S.; LIU, W. Intercrops improve surface water availability in rubber-based agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.L.], v. 298, p. 106937-106945, 2020. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2020.106937>. Acesso em: 13 set. 2020.

ZAMPIERI, F. G.; SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A.; CARVALHO, S. L.; SOUZA, M. A. A. da S.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; ZAMPIERI, F. R. O. Educação ambiental na cafeicultura agroecológica: ferramenta de transformação e promoção da sustentabilidade. In: GARCIA, L. M. H. **Agroecologia: princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**. 2021. p. 9-30.

## **Autores**

Ricardo Garcia Lima, Eloisio de Oliveira Martins, Leticia Rigo Tavares, Danillo Sartório Rangel, Geisa Corrêa Louback, Guilherme Andrião Trugilho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Silvia Aline Bérnago Xavier, Igor Borges Peron, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Ana Lídia Chaves Gomes, Maurício Novaes Souza\*

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

## CAPÍTULO 10

---

### A agrofloresta como forma de recuperação e educação ambiental no município de Castelo, Espírito Santo

Camila Barbiero Siqueira, Danillo Sartório Rangel, Dayvson Dansi Rodrigues, Guilherme Andrião Trugilho, Igor Borges Peron, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c10>

#### Resumo

A agroecologia vem se consolidando há décadas diante do cenário predatório criado pela indústria agropecuária dos dias atuais. Os critérios de desempenho em sistemas agroecológicos não se limitam a produções crescentes, mas sim em características como sustentabilidade, segurança alimentar, estabilidade biológica, conservação de recursos e equidade social. Este capítulo tem o objetivo de disseminar conhecimento a respeito de práticas agroecológicas, com foco na Agrofloresta, a fim de explicar suas aplicações na recuperação de áreas degradadas, bem como na educação ambiental, vista como base para a mudança de paradigmas e sensibilização da sociedade. Objetivou-se, ainda, realizar o relato da experiência com implantação da agrofloresta por meio de mutirão agroflorestal, auxiliando na restauração do ecossistema e na divulgação científica. O curso abordou a teoria e prática por intermédio da implantação da agrofloresta, que foi feito por meio de um mutirão na comunidade de Apeninos, na zona rural de Castelo, ES. A Agrofloresta é um tipo de sistema agroflorestal promissor, caracterizado pelo uso sustentável da terra, conduzido sob princípios agroecológicos. A educação ambiental tem importante papel no resgate de vínculos com a natureza, principalmente quando aliada à cultura local e à valorização do conhecimento tradicional, atuando como um instrumento de transformação cultural, que tem a capacidade de impactar as relações humanas com a natureza, promovendo assim uma mudança ambiental. Assumindo este conceito, o curso veio como uma forma de apresentar aos participantes um novo modo de pensar acerca da relação da agropecuária com o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Degradação ambiental. Sistemas agroecológicos. Desenvolvimento sustentável.

#### 1. Introdução

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ameaçados do mundo, restando atualmente 12,40% da vegetação original. Composta de grande biodiversidade, potencial biológico e alto grau de endemismo, é evidente a necessidade de conservação e, ou, preservação dessa floresta (SOS Mata Atlântica, 2019).

O Espírito Santo abrange cerca de um (1) milhão de ha composto por cobertura florestal natural, equivalente a 23% do território do Estado, considerando as diferentes tipologias florestais da Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa, Manguezais, Restingas e Palmeiral). Apresenta alto grau de interferência humana, sendo observado evidências de antropismo em 70% dos locais amostrados. Na maior parte deles, ocorre presença ou sinais de criação de animais domésticos de grande porte, correspondente a 59% das áreas antropizadas, seguido de sinais de exploração de madeira (24%) e vestígios de incêndios (13%) (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2019).

Estas práticas são responsáveis por grande parte da degradação ambiental que ocorre no Estado: pode ser definida pelo Decreto Federal n. 97.632/89 como sendo "processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade produtiva dos recursos naturais". Ou seja, as áreas degradadas são caracterizadas pelo prejuízo ambiental gerado na forma de perda de nutrientes e matéria orgânica do solo, ausência de atividade biológica, e propriedades físicas modificadas no sistema (MARX et al., 1995).

De acordo com levantamento do Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO) (BARRETO; SARTORI, 2012), o Estado apresentava 393.321,55 ha de áreas agrícolas degradadas, o que equivalia a 8,54% da área estadual e 16,65% da área agrícola total. Além disso, 18% da área de pastagem estavam degradadas, áreas estas que poderiam dar espaço para outras práticas de cultivo mais sustentáveis e regenerativas.

Uma solução para a degradação do Estado é a aplicação de boas práticas agrícolas e manejo adequado dos solos, sendo indicadas atividades como plantio adensado, adubações corretas, manutenção da matéria orgânica, cultivo mínimo, entre outras práticas de conservação do solo (BARRETO; SARTORI, 2012).

Dessa forma, nas últimas décadas surgiram muitas iniciativas de recuperação de áreas degradadas (RAD) com foco na agroecologia. A Agroecologia pode ser entendida como uma ciência, ou conjunto de conhecimentos de caráter multidisciplinar, que exerce papel importante na análise crítica da agricultura convencional, bem como orienta o redesenho e

manejo adequado dos agroecossistemas, sob princípios, conceitos e metodologias agroecológicas (CAPORAL; COSTABEBER, 2002).

Os agroecossistemas são definidos como unidades de estudos, ou seja, um local de produção agrícola com a funcionalidade de um ecossistema, sendo o mais próximo do meio natural possível, contrariando o sistema de produção agrícola convencional (GLIESSMAN, 2000; ASSIS; ROMEIRO, 2002). A partir dos agroecossistemas, é possível desenvolver uma análise sistêmica e holística do conjunto das relações e transformações do meio a partir das interferências humanas (CAPORAL; COSTABEBER, 2002).

De acordo com Altieri (1995), a Agroecologia estuda, analisa, dirige, desenha e avalia agroecossistemas, a fim de possibilitar desenvolvimento e a implantação de modelos de agriculturas com níveis maiores de sustentabilidade a curto, médio e longo prazo. Estudos de Altieri (1998) citam os critérios de desempenho em sistemas agroecológicos - ao contrário da produção convencional, não tem foco apenas na produção crescente, mas sim em propriedades como sustentabilidade, segurança alimentar, estabilidade biológica, conservação de recursos e equidade.

A sustentabilidade na agroecologia se baseia no equilíbrio dinâmico dos fatores econômicos, sociais e ambientais, conhecido como tripé da sustentabilidade (KHATOUNIAN, 2001).

A segurança alimentar diz respeito ao direito de todos ao acesso e permanência de alimentação saudável em qualidade e quantidade (CONSEA, 2007). Tem forte relação e complementaridade com a soberania alimentar, que consiste no direito dos povos definirem suas políticas agropecuárias e alimentícias, além de proteger e regulamentar a produção nacional e de mercados domésticos, para assim alcançar o desenvolvimento sustentável (VIA CAMPESINA, 2003).

Na questão ambiental se tem a estabilidade biológica e conservação de recursos, que compreendem a necessidade da redução de interferência humana no sistema, preservando os recursos naturais. Estes, que antes eram direcionados a produção de bens primários, agora, de acordo com Favareto (2006), são aplicados a novas formas de uso social - com relevância a conservação ambiental, o paisagismo subsequente desta conversação e a busca por fontes de energia renováveis.

Por fim, tem-se o termo equidade, que é caracterizado pela divisão de forma justa dos recursos econômicos e dos benefícios, sendo os gastos e resultados de produção (FERRAZ, 2003). A equidade é um desafio nas comunidades, que deve buscar beneficiar a maior quantidade de produtores, beneficiando-se dos recursos disponíveis.

A agroecologia também favorece a equidade de gênero na agricultura familiar. Tradicionalmente, a mulher é vista como uma extensão do seu papel de mãe, esposa e dona de casa no meio rural (MELO; DI SABBATO, 2005). A agroecologia vem alterando essa organização familiar, possibilitando que a mulher exerça papel de protagonista, com maior autonomia econômica, social e política dentro do meio que está inserida (SILVA et al., 2015).

Este capítulo tem o objetivo de disseminar conhecimento a respeito de práticas agroecológicas, com foco na Agrofloresta, a fim de explanar suas aplicações na recuperação de áreas degradadas e na educação ambiental, vista como base para a mudança de paradigmas e sensibilização da sociedade. Objetivou-se, ainda, realizar o relato da experiência com implantação da Agrofloresta por meio de mutirão agroflorestal e assim, auxiliar na restauração do ecossistema e divulgação científica.

## **1. Agrofloresta**

A união entre as ciências ecológicas e agronômicas abrem novos caminhos e tendências rumo à sistematização de agroecossistemas biodiversos, resilientes, energeticamente eficientes e socialmente justos (GLIESSMAN, 2001; ALTIERI, 2004). Arranjos como os Sistemas Agroflorestais (SAF) previnem a degradação do solo ao mesmo tempo em que potencializam a produção agrícola (MICCOLIS et al., 2016) (Figura 1).



**Figura 1.** SAF multiestratificado com café, banana e espécies arbóreas. Fonte: Arquivo Danilo Sartório (2015).

Os SAF são sistemas de uso de terra com a utilização de espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras e bambus) em associação com espécies herbáceas de cultivo anual, e, ou, animais, resultando em interações economicamente e ecologicamente benéficas (MACEDO et al., 2000).

A Agrofloresta é caracterizada pelo uso sustentável da terra, conduzida sob princípios da agroecologia. É um tipo de SAF sucessional ou dinâmico, caracterizado por ser multiestratificado, que tende a imitar o sistema de sucessão ecológica, geridos por um modelo de manejo com capinas seletivas e sequências de podas, com o objetivo de acelerar a acumulação de biomassa no sistema (Manual Agroflorestal da Mata Atlântica, 2008).

Nesse sistema, o manejo ocorre de forma equilibrada, sendo o resultado a harmonia com a natureza, recuperação de recursos naturais, resgate de práticas de comunidades tradicionais, entre outros. Para tanto, viabiliza melhorias na qualidade e estrutura do solo, bem como as interações positivas entre as espécies do meio (MENDONÇA et al., 2001; FORMOSO, 2007; KAMIYAMA, 2011; SOUZA et al., 2020). Senna (2019) observou em um estudo que o solo das áreas de cafeeiro conilon consorciado com outras espécies,

resultou em melhores condições físicas, índices de agregação do solo e maiores teores de carbono orgânico total comparativamente ao cafeeiro em monocultivo.

A alta biodiversidade é uma característica fundamental encontrada na Mata Atlântica. As plantas vivem em harmonia entre si, onde cada uma desempenha sua função dentro do sistema podendo fazer florestas permanecerem por décadas. Essa é uma das características principais dentro da Agrofloresta. A escolha de espécies busca seguir a dinâmica e a lógica dos processos da sucessão natural. Cada planta deve ser introduzida levando em consideração a dinâmica e a lógica da sucessão natural.

Para Pasini (2017) não se trata apenas de rotações de culturas e de consórcios de plantas. Götsch (1997) complementa que da mesma maneira que se observam na natureza, os consórcios devem ser o mais diversificado possível, com espécies de todas as etapas sucessionais, caminhando em direção ao clímax da vegetação natural. Quanto mais completa for a composição dos consórcios, melhor é o funcionamento e aproveitamento horizontal e vertical e a boa relação entre as espécies (Figura 2).



**Figura 2.** Consórcio bastante diversificado. Fonte: Arquivo Danillo Sartório (2015).



Estudos demonstram que a diversificação em sistemas produtivos é favorável ao controle biológico natural de pragas, podendo dificultar a localização de plantas hospedeiras pelos insetos herbívoros e diminuindo suas populações. Os monocultivos, pelo contrário, expõem as culturas favorecendo a localização das plantas, incentivando um rápido crescimento populacional dos insetos herbívoros, que acabam sendo consideradas pragas (TOGNI, 2009). Risch (1983) verificou que 53% dos insetos herbívoros foram menos abundantes em sistemas de cultivo diversificados.

### **3. Educação ambiental**

Os cursos e mutirões agrofloretais são práticas ancestrais e muito úteis na implantação da Agrofloresta, principalmente por ser a fase que demanda mais mão de obra (GÖTSCH, 1995; REDE..., 2013). Tem como foco principal a construção coletiva do conhecimento a partir da prática: pode ser considerado um processo educativo efetivo, que transcende a técnica e estimula a percepção e participação dos envolvidos (GARROTE et al., 2002).

No Vale do Paraíba, SP, os SAF são tratados como política pública desde o ano de 2009. Por intermédio do projeto “Vitrine Agroecológica: as bases das pesquisas em Agroecologia”, a metodologia participativa se utiliza de mutirões agrofloretais – é utilizada na geração de pesquisas básicas sobre SAF, promovendo a troca de experiências entre os participantes. Os mutirões agrofloretais são balizados nas experiências que o Grupo de Agricultura Ecológica (GAE), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRuralRJ), proporcionou aos pesquisadores vinculados ao Polo Regional nos anos da década de 2000, em Paraty/RJ. As ações por meio de mutirões agrofloretais têm se mostrado eficientes na geração, troca e transferência de tecnologias agrofloretais (REDE..., 2013).

Neste contexto, a Educação Ambiental exerce um importante papel de conscientização e sensibilização, devendo estar presente em todos os níveis do processo educativo, de forma unificada e de maneira formal e informal (NOVAIS, 2008). Para Herdt (2014), a forma como os agricultores se relacionam com o meio ambiente ainda é uma herança dos valores da família e da comunidade a qual pertencem, que segue sendo passada adiante para os familiares e jovens.

É importante compreender essa percepção, para assim direcionar programas de educação ambiental com foco na sustentabilidade.

A educação ambiental tem importante papel no resgate de vínculos com a natureza, principalmente quando aliada à cultura local e à valorização do conhecimento tradicional, atuando como ferramenta de fortalecimento do vínculo dos moradores com o local (BOTELHO, 2017).

Além disso, age como estratégia de conscientização ecológica e mobilização social, com a missão de solucionar problemas ambientais, sejam local ou globalmente (PROFICE, 2016; SILVA et al., 2021).

#### **4. A recuperação de áreas degradadas por meio de SAF**

A recuperação de áreas degradadas (RAD) por agroecossistemas, ditos modernos ou tecnificados, deve se basear na construção de um novo sistema com estrutura e função semelhante ao ecossistema da região biogeográfica em que se encontra. Precisa resgatar e conservar os conhecimentos e a cultura locais; reduzir o uso de insumos comerciais; usar recursos renováveis locais; aumentar a reciclagem de nutrientes; aproveitar os microambientes; manter a diversidade, continuidade espacial e temporal da produção; aumentar a produção dentro dos limites do ecossistema; e conservar a diversidade genética, de espécies e de funções (FEIDEN, 2005; ALTIERI, 2006; ZAMPIERI et al., 2021).

Essa transição agroecológica deve iniciar com a ampliação (ou manutenção) da biodiversidade, tendo em conta o conjunto das relações bióticas e abióticas que ocorrem nos sistemas manejados pelo homem (CAPORAL; AZEVEDO, 2011), o que pode ser feito por SAF e similares (Figura 3).

A agrofloresta ou SAF é a interação entre agricultura e árvores incluindo o uso agrícola de árvores, que tenta equilibrar as necessidades: de madeira e outros produtos florestais; de alimentos para o mercado e os próprios produtores; e de garantir a continuidade dos serviços ambientais para as presentes e futuras gerações. Envolve uma ampla gama de árvores manejadas em paisagens agrícolas interagindo com culturas anuais, rebanhos, animais selvagens e seres humanos (WORLD AGROFORESTRY, 2019).



**Figura 3.** Estabelecimento inicial de um SAF. Fonte: Arquivo Dário Rodrigues (2022).

São tipos de SAF o consórcio simples (FERNANDES; LOBO, 2016), o sistema agrossilvipastoril, a agrofloresta sucessional ou biodiversa e o quintal agroflorestal (MICCOLLIS et al., 2016) - seus benefícios são bem conhecidos: segurança alimentar e redução de riscos, variabilidade de espécies utilizadas, melhoria da capacidade produtiva da terra, otimização dos recursos naturais (maior produção por unidade de área), conservação de recursos hídricos, melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo por meio de ciclagem de nutrientes e controle de erosão (JOSE, 2009; FERNANDES, LOBO, 2016; MICCOLLIS et al., 2016; SOUZA et al., 2020).

#### **4.1. Algumas experiências com SAF**

No Brasil, pesquisas sobre os efeitos das agroflorestas sobre as famílias agricultoras estão sendo feitas em diversas regiões, mostrando resultados como a pouca visibilidade e a transição gradual e multidimensional dos SAF estudados (CARDOSO et al., 2013) e a contribuição dos SAF analisados para a fixação dos agricultores no campo, resgatando a autoestima e incentivando o espírito

associativo, com viabilidade ecológica, econômica e social (PALUDO; COSTABEBER, 2012).

SAF apresentaram diversidade de alimentos para as famílias, ampliação de renda, entre outras funções, melhorando a qualidade de vida da população rural (SILVA et al. 2012). Oliveira Júnior et al. (2018) produziram uma extensa relação de espécies nativas dos SAF familiares capazes de promover melhoria na qualidade de vida das populações locais, com maior equilíbrio ecológico e justiça social.

Por sua vez, a destinação de recursos financeiros de compensações ambientais, exigidas legalmente, é uma alternativa importante, pois mostram viabilidade ainda pela compatibilidade legal do uso de SAF aos objetivos das áreas legalmente protegidas (LEITE, 2014; EWERT et al., 2016; MENDONÇA, 2018).

Para Ewert et al. (2016), há necessidade de formação de políticas públicas para a fixação, valorização, empoderamento e melhoria da qualidade de vida das famílias praticantes de agroflorestas para a superação da problemática socioeconômica ambiental.

O que já ocorre, por exemplo, no estado de São Paulo, destinando recursos para recuperação de áreas de preservação permanentes, reservas legais e de áreas não protegidas, visando à implantação e, ou, enriquecimento de SAF e tendo como beneficiários agricultores familiares (FERNANDES; LOBO, 2016) (Figura 4).



**Figura 4.** SAF em processo de estabelecimento em propriedade familiar. Fonte: Arquivo Dário Rodrigues (2022).

No Bioma Mata Atlântica, Queiroga et al. (2018) afirmam que já existem experiências relativamente maduras com SAF agroecológicos de agricultores familiares, desenvolvidas por movimentos sociais, atores da sociedade civil, governos e organizações não-governamentais, além de algumas políticas públicas em âmbito federal e dos estados. No entanto, segundo os mesmos autores, essas experiências se encontram geralmente dispersas e pouco visíveis, limitando o avanço destes sistemas e sua adoção por um número maior de agricultores.

#### **4.2. Experiências com SAF no estado do Espírito Santo**

O efeito multiplicador dos SAF, na região do Caparaó, foi avaliado por Sattler (2012), encontrando baixo efeito multiplicador, com pouca interferência entre os demais agricultores vizinhos, influenciando pouco na adoção de práticas sustentáveis por estes.

As experiências de sistemas consorciados e outros SAF levantadas por Sales et al. (2018) mostraram que as principais motivações pela escolha desse modelo de produção são a diversificação de culturas e renda, além de ser uma alternativa viável que atende a requisitos ecológicos e ambientais, favorecendo a conservação dos recursos naturais.

A partir de 2016, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) iniciaram estudos para avaliar as agroflorestas sucessionais quanto à qualidade ambiental, à viabilidade econômica, aos impactos sociais do sistema (GUIMARÃES; MENDONÇA, 2019).

Somado a isso, os estudos iniciados em 2016 com estudantes do Mestrado em Agroecologia do Ifes campus de Alegre, no Sítio Jaqueira, em Alegre, ES, sobre a recuperação de área degradada com práticas agroecológicas recuperadoras e conservacionistas, apresentam oportunidade de pesquisar o tema.

O interesse e a demanda por técnicas mais sustentáveis, como a Agrofloresta e outros tipos de Sistemas Agroflorestais é crescente no Brasil. Porém, ainda há certa carência quanto à divulgação de métodos alternativos de cultivo, principalmente na zona rural, que atualmente é composta, em sua maior parte, de monoculturas, com pouca diversidade de espécies nativas em áreas antropizadas e ambientes degradados.

## 5. Estudo de caso: implantação de SAF em Apeninos

O mutirão agroflorestral da Agrofloresta Apeninos foi realizado nos dias 01 e 02 de fevereiro de 2020, na Comunidade de Apeninos, na zona rural do Município de Castelo, Espírito Santo. Localizada a 10 km de Castelo, a população é composta por pequenos produtores rurais. O curso foi denominado de “Agrofloresta Apeninos” em homenagem à Comunidade.

A área de estudo tem aproximadamente 1500 m<sup>2</sup> de pastagem, dos quais 300 m<sup>2</sup> foram usados para a implantação da Agrofloresta (Figura 5). A área apresenta grande extensão de pastagem e plantio de eucalipto no entorno, com pouca vegetação nativa remanescente.



**Figura 5.** Área antes da implantação da agrofloresta: pasto com capim braquiária. Fonte: João Pedro Zanardo (2020).

O local foi área de pastagem durante décadas: devido ao manejo anterior, encontrava-se degradada, com alto grau de compactação do solo, dominada por plantas espontâneas, em sua maioria braquiária. Antes do curso, a área foi delimitada e cercada, para impedir que animais de criação invadissem o plantio.

### 5.1. Descrição da experiência

Foram realizadas intervenções na área para possibilitar o plantio, como a retirada da cobertura vegetal, gradeamento e aração do solo. Em seguida, o encanteiramento da área, tendo no total sete (7) canteiros (1,20 X 15,0 m) com espaçamento de 1,0 m entre os canteiros (Figura 6). Para tanto, foram utilizadas ferramentas como enxadas, enxadões e um tratorito movido a combustível para auxiliar na aração do terreno.



**Figura 6.** Encanteiramento da área. Fonte: Arquivo Danillo Sartório (2020).

O curso foi realizado com uma turma de 23 participantes de diversas partes do Espírito Santo, que foram recepcionados na sede do curso, para apresentações e organização das tarefas, juntamente com uma dinâmica de teia (Figura 7), para que todos pudessem se conhecer e trabalhar em harmonia.

O curso teve duração de dois dias, com ensinamentos teóricos e práticos, ministrado pelo facilitador Paulo Henrique Radaik (Eng<sup>o</sup> Agrônomo e Agroflorestor) (Figura 8), no qual foram apresentados aos alunos os fundamentos da Agrofloresta, elaborado e difundidos pelo pesquisador Ernst Götsch (1996). Dentre esses conceitos, foram abordados a sucessão vegetal, estratificação, dinâmica das clareiras, triângulo da vida, consórcio de plantas, utilização e preparo de microrganismos eficazes, cobertura vegetal do solo, aplicação dos princípios na prática, entre outros. Os conteúdos foram

apresentados em aula expositiva dialogada, alternadas com a aplicação das técnicas na área de implantação da Agrofloresta.



**Figura 7.** Dinâmica de teia: interação dos participantes e equipe. Fonte: João Pedro Zanardo (2020).



**Figura 8.** Participantes do curso participando no preparo dos canteiros. Fonte: João Pedro Zanardo (2019).

O preparo do solo para o plantio contou com a aplicação de fosfato natural, composto de esterco de galinha e esterco bovino curtidos da propriedade. Após o plantio, foram levados à área galhos, troncos e folhas de árvores da região, proveniente de podas, além de caules e folhas de bananeiras,



com o objetivo de adicionar cobertura morta e matéria orgânica no sistema, bem como estruturar a Agrofloresta, sendo os troncos parte das entrelinhas.

## 5.2. Espécies utilizadas

A Agrofloresta foi planejada para conter espécies variadas, entre arbóreas nativas, frutíferas, leguminosas, com mais de vinte (20) espécies, de diferentes estratos. Dentre as espécies plantadas na área, vale destacar a Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Ingá (*Inga sessilis*), Paineira Rosa (*Chorisia speciosa*) e Mulungu (*Erythrina verna*), que são nativas da Mata Atlântica, e o Ipê Amarelo (*Handroanthus albus*), espécie nativa brasileira.

Todas são muito importantes na composição biodiversa das florestas da Mata Atlântica, e utilizadas em projetos de recuperação de áreas, reflorestamento e urbanização. Além dessas, foram plantadas frutíferas como graviola (*Annona muricata*), amora-silvestre (*Morus rubra*), acerola (*Malpighia emarginata*), mamão (*Carica papaya*), laranja (*Citrus sinensis*), limão (*Citrus latifolia*), banana prata (*Musa spp*), tomate uva (*Solanumlycopersicum*), jabuticaba (*Plinia cauliflora*) e outras espécies variadas como feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), abóbora (*Curcubita spp.*), margaridão (*Tithonia diversifolia*), palmeira pupunha (*Bactris gasipaes*), café arábica (*Coffea arabica*), eucalipto (*Eucaliptus spp.*), mandioca (*Manihot esculenta*), milho (*Zea mays*) e cenoura (*Daucus carota*).

Muitas destas espécies possuem elevado potencial econômico e valor nutricional: além de proporcionar alimento para a comunidade e o enriquecimento do ecossistema, também são capazes de trazer retorno financeiro.

Vale salientar que o eucalipto, graviola, amora, laranja, banana, tomate uva, margaridão, café arábica, milho, cenoura e mamão são classificados como espécies exóticas.

Destas espécies, algumas apresentam relevância no que diz respeito à regeneração de áreas, como o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), que é uma fabácea de rápido crescimento, comumente utilizada em adubação verde. O plantio de fabáceas no sistema apresentam vários benefícios como a fixação de nitrogênio, redução de incidência de plantas espontâneas, rápida cobertura de

solo e alta produção de massa verde, que pode voltar ao sistema na forma da poda, gerando biomassa (GALVÃO et al., 2000).

Além disso, vale mencionar que nem todas as espécies são selecionadas para retorno econômico como é percebido nos cultivos convencionais. Cada espécie desempenha uma função no sistema: algumas delas são introduzidas para fornecer serviços ao agroecossistema, como produção de biomassa, cobertura e adubação do solo. Algo que fariam naturalmente com a queda dos galhos e folhas, mas que é acelerado por intermédio da intervenção antrópica pelo manejo.

O feijão-de-porco vem cumprindo esse papel, sendo um ótimo fornecedor de biomassa como cobertura do solo e adubação, principalmente no início sucessional do sistema devido suas características de rápido crescimento, sendo classificado por Gotsch (1995) como espécie placenta.

Outra espécie relevante é o margaridão (*Tithonia diversifolia*), que apesar de ser originária do México, está bem distribuída na América Central, América do Sul, Ásia e África (Figura 9). Pode ser empregada para melhoria de solos em sistemas agroflorestais por apresentar alta concentração foliar de nitrogênio, potássio e fósforo (JORGE-MUSTONEN et al., 2012). Além disso, é uma planta melífera, fonte de néctar, que atrai insetos e controladores biológicos (MEDINA et al., 2009).



**Figura 9.** Margaridão (*Tithonia diversifolia*) florescendo: plantado no dia do curso. Fonte: Arquivo Danilo Sartório (2020).

A partir da vivência dos participantes, teve-se o objetivo de dar início a uma discussão acerca da percepção dos alunos quanto à metodologia utilizada ao abordar o tema “Agrofloresta” e suas impressões sobre a experiência, a partir de um levantamento por meio de questionário *online*. Teve perguntas de opinião ligadas ao meio ambiente e educação ambiental, por exemplo: a) “Você considera o Espírito Santo um estado que preserva suas áreas naturais?”; e b) “Concorda que a educação ambiental pode ser uma importante ferramenta para a conservação e preservação dos recursos naturais e sustentabilidade?” Acompanhado de perguntas acerca do curso, tais como: c) “O Curso Agrofloresta Apeninos foi composto de parte teórica e parte prática. Você considera essa metodologia eficaz para a aprendizagem?”; e d) “Após o curso, você pretende implantar algum sistema agroflorestal?” Todas as perguntas foram acompanhadas de respostas em múltipla escolha para um resultado mais direto, em porcentagem.

O questionário *online* foi respondido por vinte e um (21) dos vinte e três (23) participantes do curso. Por meio do levantamento das respostas, avaliou-se que todos os participantes da pesquisa concordaram que a educação ambiental pode ser uma importante ferramenta na conservação e preservação dos recursos naturais.

De acordo com Segura (2001), a educação ambiental age como instrumento de possíveis modificações do cenário atual de degradação ambiental, corroborando com a ideia. Além disso,  $\frac{2}{3}$  dos participantes acreditam que cursos de educação ambiental têm capacidade de sensibilizar as pessoas sobre as questões ambientais, e o outro  $\frac{1}{3}$  avalia que há cenários em que essa não seria a opção mais efetiva, dando espaço para outras técnicas de sensibilização.

Em relação à metodologia aplicada no curso, 95% dos participantes afirmaram que abordagens teóricas e práticas são eficazes na aprendizagem, evidenciando a importância dessa interação entre o conteúdo abordado com a prática, visto que o conhecimento vai sendo produzido a partir da ação, com base nas vivências e relações do ser humano com o meio (ZANATTA, 2012).

O curso contou com pessoas de regiões, formações e idades distintas. No entanto, foi notório o interesse, dedicação e envolvimento de todos no processo. Delas, 15% já deram início à implantação de sua Agrofloresta; 75% afirmaram

que pretendem implantar uma Agrofloresta; 5% tem dúvida se fará o plantio; e 5% não fará o plantio.

Além dos benefícios da implantação de Agrofloresta para recuperação de áreas, conservação de ecossistemas e uso econômico, esse método do cultivo pode ser empregado como forma de compensação ambiental, por meio de Área de Reserva Legal (ARL). De acordo com a Lei nº 12.651/2012, todos os imóveis rurais devem ter área com cobertura vegetal nativa, para auxiliar na conservação da biodiversidade.

No Código Florestal Brasileiro há possibilidade de utilizar os SAF como ARL em pequenas propriedades, fazendo parte da agricultura familiar, possibilitando ainda, o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais da área implantada, com algumas restrições (BRASIL, 2012; EMBRAPA, 2012).

### 5.3. Evolução da área após a implantação da agrofloresta

Poucos meses após a implantação, foi possível perceber diversas alterações no meio com o desenvolvimento das plantas e suas interações ecológicas. Com apenas vinte (20) dias após o plantio e semeadura de algumas espécies, já foi possível ver as primeiras espécies brotando (Figura 10-A), assim como o feijão-de-porco, que teve grande evidência no início, pelo seu rápido crescimento (Figura 10-B).



**Figura 10-A.** Agrofloresta com 20 dias de implantação. **10-B.** Feijão-de-porco semeado há 20 dias na agrofloresta: bom desenvolvimento, próximo à palmeira pupunha. Fonte: Arquivo Danilo Sartório (2020).

Com 90 dias de implantação foi possível colher tomate uva (Figura 11-A), agroflorestal e livre de agrotóxicos. Após 5 meses, o margaridão (Figura 11-B) estava bastante florido, demonstrando sua rapidez no desenvolvimento.



**Figura 11-A.** Tomate Uva na agrofloresta após 90 dias de implantação. **11-B.** Flor do margaridão, após 5 meses de implantação da agrofloresta. Flores altamente atrativas para espécies polinizadoras. Fonte: Arquivo Danillo Sartório (2020).



**Figura 12.** Desenvolvimento da agrofloresta após seis (6) meses de implantação. Fonte: Arquivo Danillo Sartório (2020).

Por fim, na Figura 12, pode-se observar o desenvolvimento da agrofloresta após seis (6) meses de implantação. Uma área bastante modificada em poucos meses, possibilitando: a melhoria do solo; geração de alimento; diversificação das fontes de renda; retorno da biodiversidade; e, principalmente, a satisfação de trabalhar na terra, e cuidar especialmente de cada planta, de acordo com sua particularidade.

## **6. Considerações finais**

A Educação Ambiental é um instrumento de transformação cultural: tem a capacidade de impactar as relações humanas com a natureza, promovendo assim uma mudança na percepção ambiental. Assumindo este conceito, o curso veio como uma forma de apresentar aos participantes um novo modo de pensar acerca da relação da agricultura com o meio ambiente, idealizando uma possível transformação no modo de pensar dos participantes e destes com a natureza.

Visto os dados levantados nas entrevistas, foi possível concluir que há um desejo por transformação da maioria dos participantes e interesse por efetivar as técnicas aprendidas - mostra que foi atingido não apenas o objetivo deste trabalho, mas também o retorno dos participantes em usar os conhecimentos adquiridos para transformar as suas realidades.

Sendo assim, observam-se diversos aspectos positivos da realização do curso, tais como a cooperação entre os participantes, interagindo entre si e com a natureza, além dos benefícios dessa prática para a recuperação de áreas, com a transformação de uma pastagem em uma área biodiversa e produtiva.

Confirmando a eficiência destes sistemas, será possível estudar a viabilidade dessas alternativas agroecológicas e contribuir para aumentar o acervo de conhecimentos da Agroecologia – contribuirá, também, com o estado do Espírito Santo, que é composto em grande parte, por pequenos agricultores familiares de baixa e média renda, que precisam conciliar a produção agrícola com a manutenção da resistência e resiliência do ecossistema, para que dessa maneira seja possível reduzir os custos de produção, melhorar a qualidade e agregar valor aos seus produtos.

## 7. Referências

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.

ALTIERI, Miguel. Agroecologia: princípios e estratégias para a agricultura sustentável na América Latina do século XXI. In: MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F. **O desenvolvimento rural como forma de aplicação dos direitos no campo: princípios e tecnologias**. São Luís, UEMA, 2006. p. 83-99). Brasília, 11 de novembro de 2006. Disponível em: <<http://www.reformaagrariaemdados.org.br/sites/default/files/Agroecologia>>. Acesso em: 22 out. 2020.

ASSIS, L.; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR, n. 6, p. 67-80, 2002.

BARRETO, P.; SARTORI, M. **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no Estado do Espírito Santo**. Documento Completo. Cedagro. 63 p. 2012. BRASIL. 2012. Presidência da República. Casa civil. **LEI nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651). Acesso em: 20 abr. 2021.

BOTELHO, de M. C. P. **Educação ambiental para comunidades rurais: Reflexões e Práticas**. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade. Nazaré Paulista 2017.

CAPORAL, F. R.; AZEVEDO E. O. (Orgs.) **Princípios e Perspectivas da Agroecologia**. Instituto Federal do Paraná. 192 pp. 2011. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2012/03/CAPORALFrancisco-Roberto-AZEVEDO-Edisio-Oliveira>>. Acesso em: 5 out. 2019.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: enfoque científico e estratégico para apoiar o desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2002. 48 p. (mimeografado).

CARDOSO, J. H. et al. **Sistemas agroflorestais e conversão agroecológica: o desafio do redesenho dos sistemas de produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/992691/1/boletim169web.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2020.

CONSEA - CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. **Consea**. Disponível em: [www4.planalto.gov.br/consea/](http://www4.planalto.gov.br/consea/). Brasília, DF, [s.d.]. Acesso em: 7 out. 2020.

EMBRAPA. 2012. **Área de Reserva Legal (ARL)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl>. Acesso em: 20 abr. 2021.

EWERT, M.; VENTURIERI, G. A.; STEENBOCK, W.; SEOANE, C. E. S. Sistemas agroflorestais multiestratos e a legislação ambiental brasileira: desafios e soluções. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36 p. 95-114, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/39944/27906>>. Acesso em: 10 out. 2020.

FAVARETO, A. da S. **Paradigmas do desenvolvimento rural em questão - do agrário ao territorial**. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 2006.

FEIDEN, A. Agroecologia: Introdução e Conceitos. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Org.). Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. 1 ed. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, v. 1, p. 49-69, 2005.

FERRAZ, J. M. G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In: Marques et al. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas. Jaguariúna/SP: **Embrapa Meio Ambiente**, cap.01, p. 16-35, 2003.

FERNANDES, F. S.; LOBO, L. L. **Tipos de sistemas agroflorestais implantados no Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável/Microbacias II**. Disponível em: <[http://www.tmeventos.com.br/agrof2016/trabalhos/trab2/trabalho\\_1996.pdf](http://www.tmeventos.com.br/agrof2016/trabalhos/trab2/trabalho_1996.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2019.

FORMOSO, S. C. **Recuperação de áreas degradadas através de sistemas agroflorestais**: a experiência do Projeto Agrofloresta, sustento da vida. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, São Paulo. 2007. 53 p.

GALVÃO, E. U. P.; OLIVEIRA, R. de F.; MENEZES, A. J. E. A. **Feijão-de-porco na adubação química e recuperação de áreas degradadas**. Relatório Técnico Embrapa. Belém-PA. 2000.

GARROTE, V.; AMADOR, D. B.; PINHO, R. Z.; PENEIREIRO, F. M.; MARCON, M. **Movimento "Mutirão Agroflorestal"**: Rede de Integração e Troca de Experiências para a Consolidação dos Conhecimentos e Difusão da Agrofloresta. Ilhéus/BA, 2002. In: V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. 03 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre. Editora universidade/UFRGS, 2000.

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 22 p. 1995.

GÖTSCH, E. **Homem e Natureza**. Cultura na Agricultura. Recife: Centro Sabiá, 1997.

GUIMARÃES, L. A. O. P.; MENDONÇA, G. C. Conceitos e princípios práticos da agrofloresta sucessional biodiversa (agricultura sintrópica). In: SILVA, A. C. P.; NICOLI, C. F.; MONHOL, C.; SOARES, C. B.; AZEVEDO, G. C. (Org.). 29ª



Seagro: **Plantando hoje as riquezas do futuro**. 1ed. Alegre: CCAE-UFES, 2019, v. 1, p. 108-123. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3408/1/29seagro-prata.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

HERDT, S. O. **A vivência de agricultores agroecológicos e o compartilhar de valores socioambientais**: contribuições à Educação Ambiental. X ANPED SUL, Florianópolis, outubro de 2014.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. **Agroforestry Systems**, v. 76, p. 1-10, 2009. Disponível em: <[http://bundelk-handknowledgeplatform.net/Pdf/Importance\\_Agroforestry.pdf](http://bundelk-handknowledgeplatform.net/Pdf/Importance_Agroforestry.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2019.

JORGE-MUSTONEN, P. S.; OELBERMANN, M.; KASS, D. C. L. Biomass production and phosphorus use efficiency in two *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) gray genotypes. **Journal of plant nutrition**. ISSN: 1532-4087.

KAMIYAMA, A. **Caderno de Educação Ambiental “Agricultura Sustentável”**. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE/COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS, São Paulo, 50 p. 2011.

KHAUTONIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2020.

MARX, D. H.; BERRY, C. R.; KORMANIK, P. P. Application of municipal sewage sludge in forest and degraded land. In: **Anais... SYMPOSIUM SPONSORED BY DIVISIONS S-6 AND S-7 OF THE SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA AND A-5 OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY**, 1993, Cincinnati, Ohio. Agricultural utilization of urban and industrial by-products: proceedings. Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 1995. p. 275-295. (ASA special publication, 58). Editors, D. L. Karlen, R. J. Wright, and W. D. Kemper.

MEDINA, C. L.; SANCHES, M. C.; TUCCI, M. L. S.; SOUSA, C. A. F.; CUZZUOL, G. R. F.; JOLY, C. A. *Erythrina speciosa* (Leguminosae/Papilionoideae) under soil water saturation: morphophysiological and growth responses. **Annals of Botany**, v. 104, p. 671-680, 2009.

MELO, H. P. de; DI SABBATO, A. Mulheres rurais: invisíveis e mal remuneradas. In: BRASIL MDA. **Gênero, agricultura familiar e reforma agrária no Mercosul**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006. p. 47-87.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. F. Cultivo do café em sistema agroflorestral: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

MENDONÇA, T. B. **Tutela jurídica para o manejo agroflorestral em área de preservação permanente - APP e reserva legal no Paraná.** Monografia. Disponível em: <<https://www.unicuritiba.edu.br/images/tcc/2018>>. Acesso em: 18 maio 2021.

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.  
NOVAIS, S. M. de. Coleta Seletiva e Educação Ambiental na cidade de Natal. **Revista da Farn**, Natal, v. 7, n. 2, p. 45-67, 2008.

LEITE, T. V. P. **Sistemas agroflorestais na recuperação de espaços protegidos por lei (AAP e Reserva Legal): estudo de caso do Sítio Geranium, DF.** 2014. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal. Disponível em: <[http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/17128/1/2014\\_ThiagoViniciusPereiraLeite.pdf](http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/17128/1/2014_ThiagoViniciusPereiraLeite.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, C. J. F.; VOIGTEL, S. D. S.; NICOLAU, S. A.; ARAGAK, S. Sociobiodiversidade e agricultura familiar em Joanópolis, SP, Brasil: potencial econômico da flora local. **Hoehnea**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 40-54, 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_ing=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_ing=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 23 out. 2019.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J. A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012. ISSN:1980-9735. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/article/view/10050/8619>>. Acesso em: 5 out. 2019.

PASINI, F. S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da agricultura sustentável.** 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PROFICE, C. C. **Educação Ambiental: Dilemas e desafios no cenário acadêmico brasileiro.** Ilhéus, 2016.

REDE AGROFLORESTAL DO VALE DO PARAÍBA. **Sobre nós: Sistemas Agroflorestais e a Rede agroflorestral do Vale do Paraíba.** 2013. Disponível em: <http://www.redeagroflorestralvaledoparaiba.blogspot.com.br/p/editorial.html>. Acesso em: 30 jul. 2013.

RISCH, S. J.; ANDOW, D.; ALTIERI, M. A. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. **Environmental Entomology**, n. 12, p. 625-629, 1983.

SENNA, D. S. **Cafeeiro conilon em sistema agroflorestral: qualidade física do solo e carbono orgânico**. 2019. 90 fls. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Alegre, ES, 2019.

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N.; ZAMPIERE, F. G.; CARVALHO, S. L. Educação ambiental na cafeicultura. In: SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N. **Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural**. 1 ed. Meidrum Street, Mauricius: Novas Edições Acadêmicas, 2021, v.1, p. 16-22.

SOUZA, I. I. de M.; ARAÚJO, E. da S.; JAEGGI, M. E. P. C.; SIMÃO, J. B. P.; ROUWS, J. R. C.; SOUZA, M. N. Effect of Afforestation of Arabica Coffee on the Physical and Sensorial Quality of the Bean. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 42, n. 7, p. 133-143, 2020.

QUEIROGA, J. L. et al. Sistematização de experiências agroflorestrais no estado de São Paulo: levantamento preliminar com base nas publicações dos Congressos Brasileiros de SAF. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934. **Anais... VI CLAA, X CBA e V SEMDF – v. 13, n. 1, 2018**. Disponível em: <<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/download/1717/1129/>>. Acesso em: 19 out. 2019.

SALES, E. F. **Sistemas agroflorestrais e consórcios no Estado do Espírito Santo: relatos de experiências** / Eduardo Ferreira Sales, João Batista Silva Araujo, Adriana Baldi. – Vitória, ES: Incaper, 2018. 22 p.: il. color. – (Documentos, 254. Incaper). Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3011/1/BRT-sistemasagroflorestrais-saf-sales.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2019.

SATTLER, M. A. **Sustentabilidade de sistemas agroflorestrais na Região do Caparaó** - ES / 2013. 108 f. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/08/Marcos-Sattler.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2019.

SEGURA, D. de S. B. 2001. **Educação ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica**, Annablume, São Paulo. 214 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário Florestal Nacional: principais resultados: Espírito Santo**. Brasília, DF: MAPA, 2019. 80p. (Série Relatórios Técnicos - IFN). Disponível em: <http://www.florestal.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2021.

SILVA, A. T. B.; NASCIMENTO, R. da S.; GORES, J. Agroecologia, relações produtivas e de gênero na agricultura familiar: estudo de caso da Associação de Produtores Agroecológicos Sementes do Futuro de Atalanta - SC. **Ágora**. Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 2, p. 131-143, 2015.

SILVA, S. de M.; SOUZA, A. C.; SILVA, L. F. da; PEREIRA, Z. V.; PADOVAN, M. P. Sistemas agroflorestrais diversificados no Cerrado: alternativa para usos múltiplos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 7, n. 2, 2012. ISSN 2236-7934.

Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13164>>. Acesso em: 23 out. 2019.

SOS Mata Atlântica. 2019. **Relatório Anual de 2018**. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/11/RA\\_SOSMA\\_2018\\_DIGITAL.pdf](https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/11/RA_SOSMA_2018_DIGITAL.pdf)> Acesso em: 10 maio 2021.

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

VIA CAMPESINA. **Qué es La Soberanía Alimentaria?** 2003. Disponível em: <http://viacampesina.org/es/index.php/temas-principales-mainmenu-27/soberanalimentary-comercio-mainmenu-38/314-que-es-lasoberania-alimentaria>. Acesso em: 1 nov. 2020.

VAREJÃO, V.; ARPINI, N. **Espírito Santo vive a pior seca dos últimos 40 anos**. G1 Globo.com, Vitória, 30 jan. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2015/01/espírito-santo-vive-piorseca-dos-ultimos-40-anos-aponta-governo.html>>. Acesso em: 03 maio 2016.

WORLD AGROFORESTRY. **What is Agroforestry?** Disponível em: <<http://www.worldagroforestry.org/about/agroforestry>>. Acesso em: 15 out. 2019.

ZAMPIERI, F. G.; SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A.; CARVALHO, S. L.; SOUZA, M. A. A. da S.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; ZAMPIERI, F. R. O. Educação ambiental na cafeicultura agroecológica: ferramenta de transformação e promoção da sustentabilidade. In: GARCIA, L. M. H. **Agroecologia: princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**. p. 9-30. 2021.

ZANATTA, B. A. O Legado de Pestalozzi, Herbart e Dewey para as práticas pedagógicas escolares. **Teoria e Prática da Educação**, v. 15, n. 1, p. 105-112, 2012.

## **Autores**

Camila Barbiero Siqueira, Danillo Sartório Rangel, Dayvson Dansi Rodrigues, Guilherme Andrião Trugilho, Igor Borges Peron, Maurício Novaes Souza\*

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

\* Autor para correspondência: [mauricios.novaes@ifes.edu.br](mailto:mauricios.novaes@ifes.edu.br)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visão proposta por intermédio dos dez capítulos apresentados no presente livro é ecologicamente sustentável, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente passível de ser aceita - desde que trabalhada com responsabilidade e determinação.

Infelizmente, o Brasil ainda é um país extremamente desigual: aproximadamente 25% dos produtores rurais vivem em condição de extrema pobreza - o pequeno produtor carece de assistência técnica. Para alterar essa situação é necessário que haja um amplo processo de reestruturação dos modelos de produção e de desenvolvimento. Devem ser priorizadas as questões sociais, objetivando uma melhor distribuição de renda, para que sejam reduzidas as desigualdades sociais.

Dessa forma, buscar-se-á atingir o desenvolvimento sustentável, devendo estar apoiado sobre três pilares: a) eficiência econômica; b) justiça social; e c) prudência ecológica. Ou seja, o objetivo poderá ser alcançado com os princípios sugeridos da ecoeficiência somados a princípios éticos, fundamentais para se atingir o desenvolvimento sustentável.

Indiscutivelmente, as inovações tecnológicas que ocorreram nos anos recentes ampliaram de forma significativa o rendimento e melhoraram as condições de trabalho no campo. O aumento de produtividade foi notável e as novas tecnologias que a indústria tem disponibilizado ao mercado têm facilitado a vida do produtor. Entretanto, trouxe efeitos colaterais negativos em função de excessos, os quais eventualmente causam prejuízos a toda sociedade e ao meio ambiente.

Vale lembrar que a miséria é incompatível com o equilíbrio e a sustentabilidade ambiental: não cessando esse processo, a degradação persistirá - todos os esforços para a recuperação ambiental terão sido inútil. Por esse motivo, é preciso criar uma nova consciência na sociedade, onde sejam desenvolvidos princípios éticos, para que realmente se empenhe em superar a crise planetária atual. Tem havido, recentemente, uma reação da sociedade contra esses excessos e equívocos, evidenciando a possibilidade das necessárias correções de trajetória.

As estratégias que conduzirão ao desenvolvimento sustentável, para que sejam viáveis, deverão induzir os agentes sociais mais dinâmicos a uma articulação, em âmbito local, da qual resultem sinergias. Devem-se desenvolver competências e estimular habilidades visando à transformação do indivíduo para que ocorra uma mudança estrutural da sociedade, permitindo, dessa forma, que os objetivos, as linhas de ação, as propostas de política pública e as formas de gestão, tornem-se factíveis. Caso contrário, por melhor que possam parecer, essas estratégias não alterarão a condição atual.

Não haverá perspectiva sustentável para as atividades produtivas e comerciais sem a participação de uma comunidade local dinâmica que caminhe nessa direção. A possibilidade de acreditar que a superação das dificuldades rumo à sustentabilidade pudesse ser elaborada em locais externos a uma determinada comunidade, deve ser totalmente descartada, mesmo considerando satisfatórias as políticas decorrentes das estratégias propostas pela Agenda 21 Brasileira. Também, tal superação não deve resultar de ações isoladas de uma organização pública ou privadas.

Experiências indicam que tais inovações costumam ter sucesso somente quando impulsionadas pela elaboração de diagnósticos regionais por organizações de pesquisa, de extensão e de educação popular, capazes de mobilizar e articular cooperativas, associações, enfim, os agentes sociais locais mais dinâmicos. É preciso que haja participação das instituições políticas nesse processo, para que os resultados econômicos e sociais sejam sustentáveis, com a promoção efetiva do desenvolvimento humano.

Os capítulos que trataram os “Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente” e “A agrofloresta como forma de recuperação e educação ambiental” evidenciaram tal possibilidade. Esse sistema de produção se utiliza da ciclagem interna de nutrientes, via deposição de serapilheira, reduzindo a demanda por insumos externos ao sistema: ocorre a redução dos impactos ambientais e aumenta a rentabilidade do produtor rural.

Tal prática é ainda mais importante quando se entende que a disponibilidade de matéria-prima é limitada, como também a velocidade de reprodução dos recursos renováveis. A capacidade de absorção de resíduos dos sistemas produtivos, industriais e agroindustriais, urbanos e rurais, é insuficiente para acompanhar de forma duradoura e sustentável, o ritmo de crescimento

acelerado, sem a ocorrência de um colapso ecológico: o ser humano alterou a vida no planeta como absolutamente nenhuma espécie o fizera até os dias recentes.

Procedimentos de avaliação de impactos ambientais, licenciamento e certificação, apresentados em três capítulos do presente livro, quando bem conduzidos, podem se tornar fortes aliados para o desenvolvimento do diálogo e da cooperação entre os representantes das empresas, das comunidades, do governo e dos ambientalistas. Devem ser respeitadas as diversidades culturais, adaptando-as à nova realidade e necessidades atuais, para que possam atender aos recentes desafios ambientais.

Nesse contexto, a educação ambiental é fundamental. Por meio da sua adoção o indivíduo passa a exercer o seu direito de cidadão, produzindo transformações que contribuirão para a coletividade. Considerando a urgência para a solução da crise ambiental, as propostas devem surgir rapidamente e a sua execução imediata, com manutenção e aperfeiçoamentos constantes. Dessa forma a sociedade manter-se-á atualizada com a dinâmica dos problemas locais e globais, favorecendo o desenvolvimento sustentável.

Deve haver a sublimação da teoria da evolução para que ocorra a adequação da teoria generativa e a do capitalismo natural, que ressaltam a cooperação entre as diversidades e garantem níveis elevados de eficiência. Na natureza, as variadas combinações da fauna e da flora oferecem soluções diversas. A riqueza das florestas tropicais é demonstrada por sua biodiversidade. Tal realidade foi demonstrada em três capítulos: “Fungos micorrízicos arbusculares”; “Relevância da matéria orgânica para a manutenção da qualidade solo”; e “Impactos ambientais sobre a biodiversidade do solo decorrentes do uso do fogo”.

O fato é que as monoculturas, classicamente adotada pelo modelo convencional de produção, levam à degeneração, ao aumento de pragas e doenças que, com o passar do tempo, reduzem a resistência e a resiliência do agroecossistema: afetar a sobrevivência, também, da nossa espécie. Somente quando a diversidade genética e cultural for promovida ativamente é que a qualidade de vida será melhorada. Isso vai de encontro com todas as tendências convencionais da agropecuária, da silvicultura, da indústria e do comércio, que se assemelham às monoculturas.

O objetivo deve ser a recuperação socioambiental, permitindo melhor condição de vida a toda população, com maior equidade social. Considerando a enorme base produtiva rural brasileira e a necessidade de geração de emprego e renda, nos meios rural e urbano, deve haver uma parceria com os segmentos destes setores. Essa conciliação apontaria um progresso com ordem para a utilização dessa enorme base de produção, com o apoio da ciência, tendo o ser humano e o meio ambiente como referências básicas.

Em questões de desenvolvimento sustentável, a educação, a formação de novos valores e uma ética social voltada para a proteção e recuperação dos recursos naturais é fundamental. Essa ética pode contribuir muito ao promover uma revolução no comportamento de pessoas, como a alteração dos atuais padrões de consumo, e instituições, diante da escassez dos recursos e sua degradação.

Considerando o setor rural, sem uma reorientação do ensino e da pesquisa em ciências agrárias, será impossível obter o conhecimento exigido para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis nos diferentes espaços ecológicos do nosso país: os cursos de Pós-graduação em Agroecologia do Ifes campus de Alegre buscam esse caminho - tem obtido resultados relevantes.

Quaisquer programas de ocupação ou de uso do solo com seus respectivos sistemas de manejo, necessariamente deverão incluir o homem como componente do ecossistema, evidenciando que o seu uso inadequado resultará em perdas econômicas. Deverão integrar o gerenciamento do solo e das atividades agropecuárias e florestais com o gerenciamento dos recursos hídricos: agroecologia?

Nesse livro, nos capítulos que trataram da “Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente”; da “Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal”; e da “Adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração”, os resultados evidenciaram bem essa nova tendência.

Nas regiões de pecuária que utilizam o sistema extensivo de criação, responsável pela maior quantidade de áreas degradadas no Brasil, deve-se adotar o sistema de integração agricultura-pecuária para recuperá-las. Tal sistema prioriza a produção de grãos e carne com qualidade, baseado em



princípios de sustentabilidade, aplicação de recursos naturais e regulação de mecanismos para a substituição de agroquímicos.

Tal situação foi abordada em dois capítulos do presente livro: “Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente” e “Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal”: buscam alternativas que visem o aumento de produtividade, reduzindo a necessidade de expansão da produção por meio da abertura de novas fronteiras agrícolas - fixação do atual governo!

Tais modelos de produção e desenvolvimento devem priorizar as pequenas e médias propriedades do modelo familiar, por três motivos básicos: 1) pelo grande número de mão de obra disponível e carente de emprego, com baixo investimento em capital; 2) pelo menor impacto ambiental negativo que produzem no meio ambiente; inclusive, até mesmo com ajustes na legislação referente às áreas de preservação, particularmente devido ao pequeno tamanho de suas propriedades, muitas vezes situada em áreas marginais para a produção; e 3) pelo fato do modelo predominante em curso, baseado no assistencialismo ou na compensação por perdas, não estar beneficiando da mesma forma o modelo familiar e o agroquímico empresarial, como também não tem garantido a segurança alimentar equitativa.

A política agrícola governamental deverá seguir uma trajetória que corrija distorções de mercado e do próprio crédito rural, reduzindo o financiamento ao capital de giro para o plantio e a comercialização. Deverá ser estimulado e ampliado o crédito de investimento, com prazos de pagamentos dilatados e com juros reduzidos e fixos. Com essa reorientação, poderá ser alcançado o objetivo de incentivar o aperfeiçoamento e a modernização do sistema produtivo para ganhar produtividade, de tal forma que: a) possibilite uma maior geração de renda ao produtor rural; b) garanta a sustentabilidade do negócio; e c) favoreça a fixação do homem ao meio rural, particularmente aqueles do modelo de produção familiar.

Do ponto de vista ambiental, as grandes empresas rurais, mesmo sujeitas a proibições e a multas impostas pela legislação, têm-se mostrado insuficientes para a resolução dos problemas ambientais, também por três motivos básicos: a) pela grande extensão territorial brasileira, que dificulta a fiscalização e o monitoramento; b) pelo número reduzido do seu quadro funcional, que não

garante a agilidade necessária para a execução dessa função; e c) pela escassez de recursos financeiros associados à baixa capacitação técnica e operacional dos órgãos ambientais; além do comprometimento próprio em algumas situações, como a caracterizada pelo governo atual.

A partir da adoção dessas medidas e da correção dos equívocos atualmente praticados, como nas questões ambientais, no médio e longo prazo, a inclusão social dar-se-á espontaneamente, favorecida por ações de educação ambiental. Dentro dessa nova condição, as políticas públicas voltadas para o crédito rural, precisam ser reestruturadas para os pequenos produtores, posto que: a) é inadequado e de difícil acesso; e b) a rede de assistência técnica e extensão, atende apenas em parte às necessidades de produtores rurais e empreendedores, pelo fato de estar mal aparelhada e não possuir uma estratégia unificada de desenvolvimento rural.

Devem ser estimuladas e propiciadas às associações, cooperativas e demais categorias de classe, bem como toda a classe política, estabelecer e executar uma política agrícola compactuada e definitiva, inclusive preocupados: a) com a comercialização, buscando novos nichos de mercado, como aquele dos produtos orgânicos e, ou, agroecológicos; b) com a garantia de preços mínimos justos, inclusive com a possibilidade de serem subsidiados, cabendo considerar que sejam estipulados de tal forma que estimulem a competitividade e o aumento de produtividade; e c) a concessão de crédito associada ao seguro rural, reduzindo riscos de perdas e a futura inadimplência, para que possam, assim, serem estabelecidas as metas de sustentabilidade com maior equidade social.

Devem-se facilitar a formação de redes de comunicação entre cientistas e instituições de pesquisas, com a criação de banco de dados para compartilhar experiências quanto ao uso de tecnologias autóctones e de inovações modernas, reduzindo o custo e o tempo das pesquisas, visando o descobrimento de conhecimentos a partir da natureza. Nesse livro, o capítulo “Adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração” mostrou como pode funcionar essa proposta.

Com relação aos aspectos e impactos ambientais, é emergencial intensificar a fiscalização nas atividades com maior potencial degradador, posto ter sido detectadas lacunas nesse setor, evidenciando a necessidade de maior rigor e de critérios mais definidos. A legislação brasileira para esse fim, embora

não seja perfeita, está entre as mais avançadas do mundo e, o seu cumprimento, seria suficiente para evitar o surgimento de processos de degradação.

Locais no estado do Espírito Santo, como a região do Caparaó, há de se estimular o ecoturismo como forma de educação ambiental e de geração de renda às populações rurais. Estima-se, atualmente, que o ecoturismo seja responsável por cerca de 10 a 20% do total movimentado pelo turismo mundial, sendo o subsetor dessa atividade que apresenta maior crescimento. Entretanto, é preciso precaver-se dos possíveis impactos socioambientais, econômicos e culturais causados por essa atividade, devendo ser acompanhado de um planejamento e gestão que possam contribuir para a sustentabilidade dos ambientes visitados.

Nos dias atuais, dado os atuais níveis crescentes de degradação, encontrar soluções tecnológicas capazes de produzir sustentavelmente, sem a geração de impactos, é o grande desafio das empresas e da sociedade como um todo. No meio rural, a “Agroecologia” com seus processos produtivos, por considerar os aspectos legais, sociais e ambientais por meio de suas práticas conservacionistas, vem contribuindo significativamente para a geração de um novo modelo de produção.

O objetivo deste livro é apresentar Estudos de Casos que apontassem propostas no sentido de contribuir para o estabelecimento do “Desenvolvimento Rural Sustentável”.

Professor Maurício Novaes Souza  
Guarapari, maio de 2022.



[www.meridapublishers.com](http://www.meridapublishers.com)