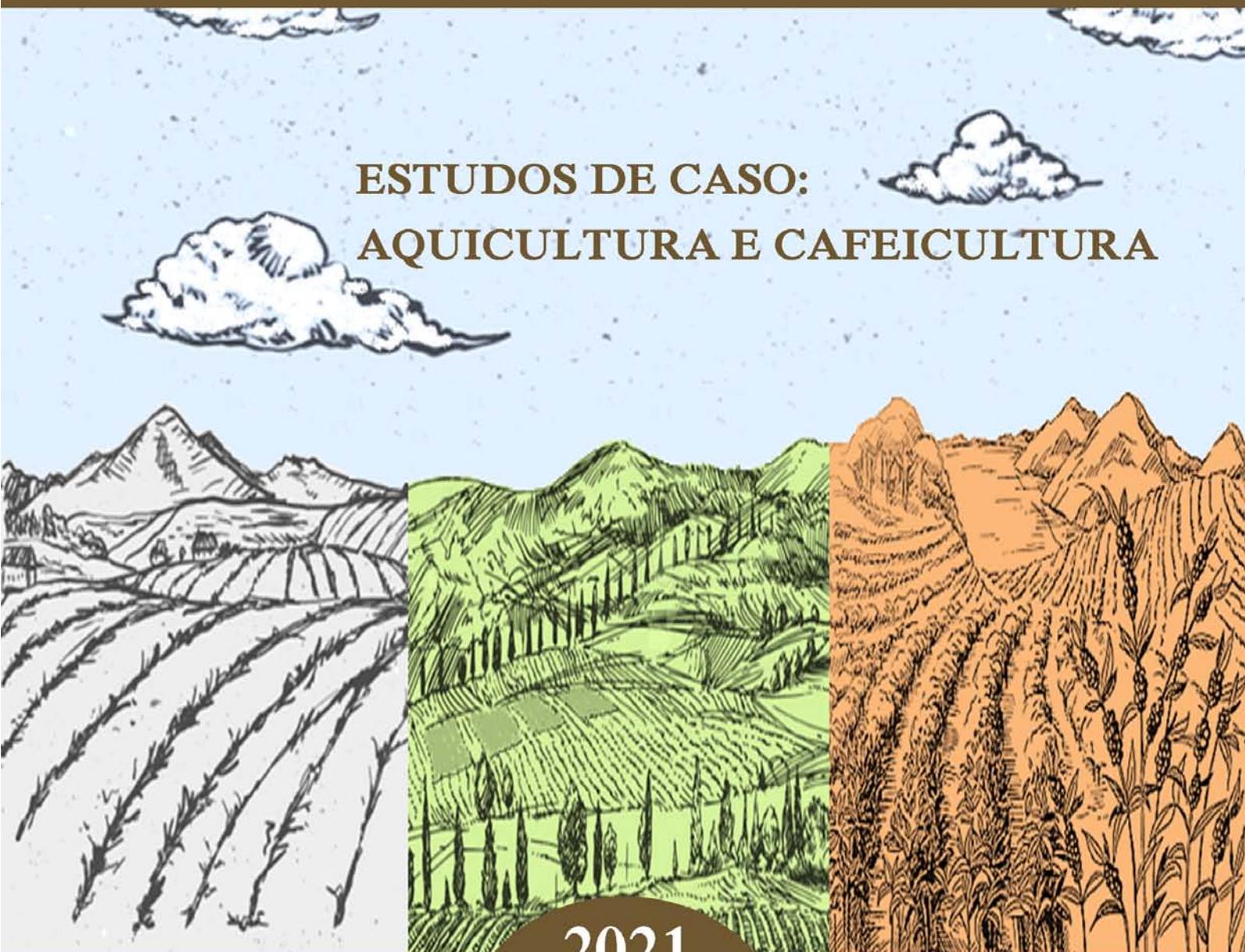


TÓPICOS EM RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Volume I

Organizador: Maurício Novaes Souza

ESTUDOS DE CASO:
AQUICULTURA E CAFEICULTURA



2021

Tópicos em recuperação de áreas degradadas

Volume I

Recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos

Estudos de caso:

Avaliação de impactos ambientais da atividade de aquicultura

Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura de montanha

Maurício Novaes Souza

(Ed)

Canoas

2021



Tópicos em recuperação de áreas degradadas

© 2021 Mérida Publishers

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-6-9>

Editor

Maurício Novaes Souza

Adaptação da capa e desenho gráfico

Reynaldo Miquel

Imagem da capa

Freepik.com



Canoas - RS - Brasil

contact@meridapublishers.com

www.meridapublishers.com

Todos os direitos autorais pertencem a Mérida Publishers. A reprodução total o 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)

S729t Souza, Maurício Novaes.
Tópicos em recuperação de áreas degradadas [recurso eletrônico] / Maurício Novaes Souza. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-991393-6-9

1. Agroecologia. 2. Aquicultura. 3. Desenvolvimento sustentável.
I. Título.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Prefácio

Desde que escrevi a minha dissertação (Mestrado – UVF, 2002/2004), “Degradação ambiental e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável”, fiquei muito mais atento e questionador quanto ao comportamento do *Homo sapiens*. A partir desta pesquisa, não consegui ter respostas para grande parte das nossas atitudes, os humanos, inclusive algumas próprias. Por que, com tanto conhecimento, o homem pode causar tanta 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, sempre foi algo que me interessou saber, e foi por isso que venho me aprofundando nas pesquisas nessa área de conhecimento.

O fato é que o Planeta Terra vem sofrendo distúrbios e transformações que remontam no tempo. Contudo, há de se refletir sobre esse ponto, há poucas décadas, o meio ambiente era capaz de desempenhar sua função depuradora com eficiência. Entretanto, nos dias atuais, encontra-se excessivamente sobrecarregado pelas atividades antrópicas e pela desconsideração aos “limites do crescimento”: sofre o risco de exaustão dos seus recursos, em face da redução de sua resistência e resiliência, não conseguindo em determinadas situações, recuperar-se por si só, necessitando o auxílio do homem.

Em parte, tal condição pode ser explicada pelo crescimento populacional sem precedentes e pelos modelos de desenvolvimento agropecuário e urbano-industrial praticados nas últimas décadas: produziram uma série de impactos ambientais negativos, com a geração de inúmeras áreas degradadas. A provável origem desses problemas deve-se 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.

Tal comportamento têm posto em risco a quantidade e a qualidade do capital natural, particularmente dos recursos edáficos e, conseqüentemente, dadas as suas inter-relações, dos ecossistemas aquáticos. Nesse contexto inserem-se as zonas urbanas, urbana-industriais e rurais, afetando de forma drástica a qualidade de equilíbrio dos ecossistemas e dos agroecossistemas.

Em todo o Brasil, tem ocorrido a intensificação das atividades agropecuárias, que substituem a vegetação nativa e promovem a mudança de uso do solo, causando alterações severas em toda a bacia hidrográfica. Os ecossistemas aquáticos, por exemplo, estão sobrecarregados dados os usos múltiplos que foram estabelecidos nas décadas recentes. A intensificação da agricultura irrigada, por exemplo, cuja participação no consumo de água se elevou para aproximadamente 72% de 1970 a 2017 (FAO, 2017), não vem acompanhada pela necessidade de seu eficiente manejo. É sabido que o “Desenvolvimento Sustentável” sugere que se considerem os aspectos ambientais, econômicos e sociais na implantação de um determinado projeto.

Pode-se afirmar que a ideia de se buscar um novo modelo de produção, revela, inicialmente, a crescente insatisfação com a situação criada e imposta pelos atuais modelos vigentes de desenvolvimento e de produção advindos desse modelo produtivista evidenciado, em todo o mundo, pelos empreendimentos e atividades

antrópicas. Na elaboração da Agenda 21 Brasileira, foi considerada fundamental que se promovam alterações nos modos de produção, necessitando, para isso, de uma definição nas políticas públicas que considerem o planejamento de médio e longo prazo.

Esse 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, relativas ao Desenvolvimento Sustentável local, aos aspectos ambientais e as necessidades ecológicas e socioeconômicas 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.

Recentemente, em todo o mundo, surgiram planos, ideias, recursos e técnicas inovadoras e consistentes acerca da possibilidade da geração de alternativas para a recuperação ambiental. Garantem a possibilidade de superação dessa crise, evitando o surgimento de novas áreas degradadas e recuperando aquelas que se encontram nessa condição, promovendo o desenvolvimento sustentável.

As transformações dessas alternativas que se encontram à nossa disposição, em realidade deixaram de ser um problema conceitual ou técnico, sendo mais uma questão de iniciativa política. É preciso que sejam estabelecidos modelos de desenvolvimento baseados nessas novas ideias, como aquelas da Agroecologia e suas práticas conservacionistas de produção, que ofereçam a base ideal para o uso dessas tecnologias, sistemas econômicos e instituições sociais com vistas para o futuro.

Desejo imensamente que esse primeiro livro com essa referida proposta, trabalhado em parceria com meus alunos e orientados do Programa de Pós-graduação em Agroecologia do Ifes campus de Alegre (PPGA), abra caminho para outros volumes e que, de fato, contribuam efetivamente para que se atinja o tão sonhado desenvolvimento sustentável.

Professor Maurício Novaes Souza
Guarapari, outubro de 2020.

Apresentação

O presente documento dará início a uma série de livros e cadernos de aulas que pretendia fazer há anos. Tenho preparadas aproximadamente cem (100) apostilas das disciplinas que lecionei ao longo da minha carreira. Atualmente, próximo à aposentadoria, mas com enorme disposição e lecionando para os Cursos de Pós-graduação em Agroecologia e Sustentabilidade (Mestrado Lato Sensu e Stricto Sensu) do Ifes campus de Alegre, tornará possível a realização desse antigo desejo - embora já tenha diversos livros e dezenas de artigos e capítulos publicados.

Uma observação ao longo dos anos: vários bons trabalhos dos meus alunos, elaborados ao longo das disciplinas e em suas TCCs ou Dissertações, ficam adormecidos em arquivos de computador ou prateleiras de bibliotecas. Um dos objetivos dessa proposta é dar visibilidade a essas pesquisas, estabelecendo 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.

Assim, o primeiro trabalho nesse formato – “Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas”, tem por objetivo reunir informações necessárias ao desenvolvimento de conceitos de planejamento visando à “Recuperação de Áreas Degradadas” – RAD, ou simplesmente “Recuperação Ambiental” – RA, e a condução das atividades produtivas de forma sustentável, por exemplo, com o uso de práticas agroecológicas conservacionistas. Agradeço, e plagiei a ideia do meu colega e amigo, Professor Otacílio José Passos Rangel, que lançou a série “Tópicos em Agroecologia”, já no Volume II.

O presente texto descreve:

Introdução: apresenta os conceitos sobre desenvolvimento sustentável, reforçados no contexto da recuperação ambiental, com a apresentação de duas propostas que já vêm sendo praticadas, apesar de ser por um número reduzido de propriedades rurais, mas com relativo sucesso, contudo, que ganham destaque pela sua eficiência, rentabilidade e sustentabilidade.

O **Capítulo 1** analisa o processo da recuperação ambiental: suas dificuldades, suas limitações e seu potencial; define área degradada e as abordagens para a sua caracterização; discute sobre a importância da elaboração de cenários para se realizar o diagnóstico e prognóstico ambiental; apresenta o EIA/RIMA e as técnicas de RAD e o uso de práticas agroecológicas e conservacionistas como Instrumentos de Gestão e; por fim, sugere e delinea os passos essenciais para que o sucesso desses procedimentos seja duradouro.

A aplicação prática desse capítulo 1 será evidenciada com a apresentação de dois “Estudos de Caso”, apresentados nos capítulos 2 e 3.

No **Capítulo 2** estão apresentadas as questões relativas à atividade de “**Aquicultura**”, que atualmente exerce um importante papel na economia mundial, na geração de emprego e na alimentação. Mostrará que não está restrita apenas aos aspectos sociais e econômicos, mas que devem potencializar os aspectos ambientais. Este capítulo tem por objetivo apresentar os possíveis impactos causados pela aquicultura ao meio ambiente, bem como demonstrar as possibilidades do desenvolvimento da atividade de forma sustentável, por meio do planejamento e da

adoção de medidas de controle, mitigação ou intensificação dos impactos oriundos da aquicultura, fundamentados em práticas de manejo e conservação de base agroecológica. Mais importante que identificar os impactos, é buscar propostas com ações proativas, mitigadoras e corretivas, bem como propor alternativas para que esses impactos negativos ocorram em menor escala ou, sempre que possível, não ocorram.

O **Capítulo 3** descreve práticas conservacionistas e agroecológicas relativas à “Cafecultura”: o Brasil é líder no *ranking* produtivo mundial dessa cultura. Minas Gerais é o maior produtor brasileiro e, o Estado do Espírito Santo, o segundo maior produtor de café do Brasil e o terceiro na produção do café arábica, do qual Minas também é o primeiro. Cabe considerar que nessas regiões onde estão estabelecidas as lavouras cafeeiras, são compostas por cadeias de montanhas desses estados, com relevo movimentado. O manejo convencional estimulou o surgimento de processos impactantes, que promoveram o aparecimento de inúmeras áreas degradadas, tornando preocupante o futuro sustentável da produção. Dessa forma, urge o estabelecimento de medidas de manejo e procedimentos de recuperação, que podem ser tomadas para evitar ainda mais processos degradativos e proteger áreas de risco ou em uso. Essas técnicas são elaboradas por intermédio do PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, que incluem técnicas de proteção, recuperação, conservação e manejo.

Nas Considerações finais, poder-se-á observar críticas e sugestões, porém no sentido de converter essas novas ideias e conceitos em ação. Sugere-se mudança do atual modelo de produção agropecuário e urbano-industrial, dada a visível insustentabilidade verificada até o presente momento.

Seguem algumas recomendações, que apesar de seu conhecimento testado e comprovado, têm passado despercebidas, sendo de extrema importância para: a) evitar novos casos de degradação; b) favorecer os procedimentos de recuperação ambiental; e c) adotar modelos de produção que promovam o desenvolvimento sustentável. Cada um dos temas revisado tem o seu conteúdo pormenorizado, com recomendações e conclusões.

Por último, algumas sugestões, óbvias e importantes, mas que tem passado despercebidas pelos nossos governantes e gestores públicos!

Anseia-se que sejam satisfeitos os diversos questionamentos e espera-se que surjam críticas e sugestões que contribuam para o bom desenvolvimento e aplicabilidade do presente e dos próximos trabalhos.

Prof. Dr. Maurício Novaes Souza

Instituto Federal do Espírito Santo
Campus de Alegre, Alegre, ES, Brasil.

Autores

Alex Justino Zacarias

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. alexjustino12@gmail.com

Aline Marchiori Crespo

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

Cleber Cássio Ferreira

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. clebinhoferreira@yahoo.com.br

Credigar Gonçalves Moreira

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. cgmoreira@ifes.edu.br

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. dansibio@gmail.com

Fábio Gomes Zampieri

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

Geisa Corrêa Louback

Mestranda 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. geisa.louback1980@gmail.com

Hilton Moura Neto

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

Isabel Inácio de Moraes Souza

Me. 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. isabel.inacio51@hotmail.com

José Carlos Venâncio da Paschoa

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

Lucinea Carolina Horsth

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

Mário Euclides Pechara da Costa Jaeggi

Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, CEP: 28013-600, Campos dos Goytacazes-RJ. mariopechara@hotmail.com

Maurício Novaes Souza

Dr. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES. mauricios.novaes@ifes.edu.br

Pedro Pierro Mendonça

Dr. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500-000. Alegre - ES. ppierrom@gmail.com

Ronald Assis Fonseca

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

Thiago Blunck Rezende Moreira

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

Índice

CAPÍTULO 1.....	11
Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos	
Maurício Novaes Souza	
CAPÍTULO 2.....	58
Aquicultura: Impactos ambientais negativos e a mitigação com práticas agroecológicas	
Ronald Assis Fonseca, Mauricio Novaes Souza, Pedro Pierro Mendonça, Hilton Moura Neto, Credigar Gonçalves Moreira, José Carlos V. da Paschoa, Lucinea Carolina Horsth, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback	
CAPÍTULO 3.....	73
Cafeicultura: Recuperação de áreas degradadas e uso de práticas agroecológicas no manejo do café em região de montanhas)	
Cleber Cássio Ferreira, Mário Euclides Pechara da Costa Jaeggi, Thiago Blunck Rezende Moreira, Maurício Novaes Souza, Dayvson Dandi Rodrigues, Ronald Assis Fonseca, Fábio Gomes Zampieri, Credigar Gonçalves Moreira, Alex Justino Zacarias, Isabel Inácio de Moraes Souza	
Considerações finais.....	127
Observações finais.....	129
Sugestões.....	131

CAPÍTULO 1

Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos

Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-6-9.c1>

1. Introdução

Atualmente, existe a opinião nos meios científico, empresarial e na sociedade, advertindo que o Planeta está caminhando a um desastre ecológico sem precedentes. Tais opiniões procedem, quando considerado o desarranjo volumoso nos sistemas naturais da Terra, dos quais a nossa civilização depende. Entretanto, há uma percepção difusa por parte da sociedade que, complacentemente, afirma que a situação não é tão drástica, inclusive afirmando e opinando, que o atual momento mundial é o melhor de todos os tempos. Ainda, existe um menor, mas crescente coro discutindo que ambas estas percepções são verdadeiras, pelo menos em parte (SCHLEV e LAUR, 1998; SOUZA, 2018).

Uma maneira para conciliar estes contraditórios pontos de vista, consiste em perceber que está se vivendo em um tempo de grandes oportunidades, com a chance de construir um novo caminho para a busca do desenvolvimento sustentável. Porém, deverá ser significativamente diferente do aparecimento da indústria e da agropecuária nos séculos XIX e XX. Para construir o caminho nessa direção, exigirá maior conhecimento por parte dos indivíduos, organizações, empresas e da sociedade em geral.

Os conhecimentos atuais ainda são tênues em relação à necessidade de se desenvolver uma nova ordem, para sobreviver e prosperar no século XXI. As notícias ruins são que os problemas com os biomas e os diversos ecossistemas terrestres, tanto hoje como no futuro, são enormes. O espírito empreendedor humano realmente desenvolveu um risco considerável para o planeta. As boas notícias são que as oportunidades atuais são imensamente maiores. Para desenvolvê-las e colhê-las, precisa-se propor mudanças importantes nos modelos de educação, de produção e de gestão (SCHLEV e LAUR, 1998; SOUZA, 2018).

De acordo com CASTELLS (1999), as grandes empresas passaram a incluir as questões ambientais como um componente rotineiro do seu negócio. Porém, adverte: a maioria dos problemas ambientais persiste, posto que seu tratamento requeira uma transformação nos meios de produção e de consumo, bem como de nossa organização social e de nossas vidas pessoais.

Para BERNARDES e FERREIRA (2003), vale ressaltar alguns eventos internacionais que envolvem a política ambiental e a tomada de consciência sobre a importância deste assunto em nível global. O desastre ocorrido na Baía de Minamata, no Japão, detonou a solicitação sueca para uma reunião mundial com vistas ao modelo de

desenvolvimento e às questões ambientais. Foi realizada em Estocolmo, em 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, que teve como ponto marcante a contestação às propostas do Clube de Roma sobre o crescimento zero para os países em desenvolvimento.

Porém, de acordo com esses mesmos autores, ficou reconhecido por toda a comunidade internacional, em função de comprovações científicas, a vinculação entre desenvolvimento e meio ambiente, sendo aceita a consideração que é responsabilidade majoritária dos países desenvolvidos a contaminação do planeta.

Foram criados programas e comissões importantes tais como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD), estabelecendo o assunto definitivamente na agenda e nas discussões da ONU.

A mais importante reunião, depois de Estocolmo, foi a Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92), que promoveu definitivamente a internacionalização da proteção ambiental e das questões ligadas ao desenvolvimento, 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:

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.

Percebem-se, ao longo dos últimos trinta anos, nos países desenvolvidos e no Brasil, que a qualidade e quantidade de áreas degradadas recuperadas têm sido significativamente aperfeiçoadas. A sociedade expressa sua determinação exigindo e fiscalizando o fim de práticas industriais e de uso do solo e da água que causem degradação ambiental em longo prazo, por meio de numerosos regulamentos federais, estaduais e locais.

A indústria, aos poucos, vem aceitando a responsabilidade para a mitigação dos impactos negativos e a recuperar danos causados aos sistemas ambientais. Resultados bem sucedidos de recuperação estão sendo divulgados mensalmente em jornais, periódicos, TV e “internet”. Infelizmente, algumas concepções erradas ainda persistem, relativas aos abusos ambientais praticados por alguns setores das atividades produtivas, baseadas em hábitos do passado (TOY e DANIELS, 1998; TOY; FOSTER; RENARD, 2002; GRIFFITH, 2002; SOUZA, 2018).

Além das exigências legais, da cobrança da sociedade civil organizada e do acúmulo de pesquisas e resultados de experiências, a melhoria dos procedimentos de recuperação pode ser responsabilizada por avanços em (MEYER e RENARD, 1991; TOY e DANIELS, 1998; TOY; FOSTER; RENARD, 2002; SOUZA, 2015; 2018):

De acordo com esses mesmos autores, a avaliação de impactos ambientais e o planejamento da recuperação têm beneficiado a expansão de bancos de dados e refinamentos de modelos hidrológicos, geomórficos e de engenharia. A evolução da computação facilitou a eficiência destes modelos e a acessibilidade a banco de dados.

Emergiu um mercado para equipamento especializado, com o fato de o tema recuperação ter-se tornado operação padrão nos negócios rotineiros de várias indústrias.

A inovação de produtos, como os “drones”, ou aqueles voltados para o controle de erosão, por exemplo, eram desenvolvidos exclusivamente para circunstâncias especiais. Também, a variedade e quantidade de sementes disponíveis para revegetação aumentaram, especialmente para espécies nativas. A partir da crescente mobilização mundial por um novo modelo de desenvolvimento, fez com que as novas políticas ambientais trouxessem um significativo apoio às pesquisas na área de recuperação ambiental.

Atualmente, vários grupos têm contribuído nesse sentido, em nível internacional, tais como: a) as seguradoras, em função dos crescentes prejuízos financeiros decorrentes de alterações climáticas em todo o mundo, têm funcionado como um forte aliado exercendo o papel de um grupo de interesse voltado para os procedimentos de recuperação; b) organismos internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), o Banco Mundial (BIRD) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), além de funcionarem como agentes econômicos e de política burocrática, vêm funcionando, também, como grupos de interesse em pesquisa; nesse caso, de forma construtivista; e c) as Organizações Não-Governamentais (ONGs).

Porém, para que ocorra o sucesso da recuperação ambiental de forma eficiente e duradoura, esta não pode ser assumida como um fato isolado, valendo-se de soluções bem-intencionadas, mas que na verdade visem auferir lucro ou apenas resposta imediata para atender o desejo do empreendedor e satisfazerem às exigências do órgão ambiental fiscalizador.

De acordo com Nardelli e Nascimento (2000); Griffith (2000); e Souza (2018), o pensamento sistêmico, teoria que mostra um novo tipo de pensar e de relações que se interagem e integram-se, mostra que a adoção de soluções sintomáticas gera outros efeitos adversos não considerados anteriormente. Dessa forma, observa-se que o processo de recuperação ambiental é complexo, exigindo tempo, recursos e conhecimento dos diversos fatores que compõem ou podem interferir na área a ser recuperada.

Para devem ser incluídos os diversos atores sociais afetados ou envolvidos na área direta e indiretamente afetada, considerando seus valores e interesses. Assim, a etapa inicial do planejamento do projeto de recuperação ambiental, permitirá que seja conhecida a amplitude do problema ambiental para o qual este projeto será destinado. Neste ponto, deverá ser traçado o plano de recuperação com os objetivos de médio e longo prazo, bem definido e coerente com a realidade.

Devem-se considerar o objetivo, a abrangência, as externalidades e a totalidade das relações físicas, biológicas, políticas, socioeconômicas, tecnológicas e culturais da área na qual o projeto está ou será inserido.

2. Objetivos

O objetivo desse capítulo é analisar o início dos procedimentos de recuperação ambiental no Brasil e a sua evolução até aos dias atuais. Dessa forma, pretende-se justificar a sua necessidade e os principais passos que deverão ser observados para o seu sucesso e a sua autossustentabilidade.

Objetiva também:

- Conhecer metodologias para a identificação dos estádios de degradação e ferramentas para o seu diagnóstico e monitoramento;
- Verificar a interligação e a interdependência entre os recursos naturais e os aspectos socioeconômicos nos procedimentos de recuperação;
- Identificar a importância de alguns procedimentos, como o estabelecimento de cenários pré e pós-degradação, para a sustentabilidade da recuperação; e
- Visualizar a importância da interdisciplinaridade nas pesquisas relacionadas à recuperação ambiental.

3. Definições e objetivos

O Ministério do Meio Ambiente, por meio da Instrução Normativa nº 5/2009, define área degradada como uma área onde a vegetação, flora, fauna e, ou, solo foram total ou parcialmente destruídos, removidos e expulsos, tendo alterados sua capacidade produtiva e qualitativa (MMA, 2009).

Outros autores definem **área degradada** ou **ecossistema degradado**, como aquele que, após distúrbio, teve: a) eliminados juntamente com a vegetação nativa, os seus meios de regeneração biótica como banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes e órgãos ou partes que possibilitem a rebrota, inclusive com a perda da camada fértil do solo; b) a fauna destruída, removida ou expulsa; e c) a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico alterados (CARPANEZZI *et al.*, 1990; IBAMA, 1990; SOUZA, 2018).

De acordo com SOUZA (2018), o surgimento de áreas degradadas no Brasil tem aumentado ao longo dos anos, ocasionando inúmeros impactos e danos ao meio ambiente, estando na maioria das vezes relacionado às atividades antrópicas **sem planejamento**. A degradação, na maioria das vezes, caracteriza-se pela remoção do horizonte superficial do solo, promovendo a perda das propriedades edáficas, favorecendo a atuação de processos erosivos: principal causa de degradação dos solos.

Tavares *et al.* (2008) citam que a erosão, de acordo com as atividades causadoras, pode ser classificada em geológica e antrópica. A erosão geológica tem como causa as atividades geológicas naturais, originadas pela água, ar, vento e gelo sobre a superfície terrestre, sem interferência humana. Já a erosão antrópica, refere-se aos resultados da interferência antrópica sobre o ambiente, intensificando-se quando associada à erosão geológica.

Em função de uma dada área apresentar pouco ou nenhum remanescente de vegetação, associados à interferência antrópica, poderá culminar em uma área de risco, onde não seria possível a regeneração natural. Nessas condições, terá sua resistência reduzida, a resiliência prejudicada, ocorrendo a degradação ambiental devido à perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas.

Nesse caso, ocorre a necessidade inicial de se realizar a recuperação física para posterior revegetação e regeneração biológica. A recuperação física compreende o preparo da superfície degradada, por meio da aplicação de tratamentos e técnicas que visam o controle de processos erosivos e o posterior estabelecimento de cobertura vegetal.

Nessas situações, o retorno desta área ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento, produzindo continuamente impactos ambientais negativos,

tornando necessária a ação antrópica para a recuperação desses ecossistemas e possibilitar o restabelecimento do desenvolvimento socioeconômico (Figura 1).



Figura 1. Área de APP no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba em fase final de recuperação: roçada e replantio de mudas.

Já “**Ecossistema perturbado**” ou “**alterado**”, é aquele que sofreu distúrbio, mas manteve meios de regeneração biótica. A ação humana não é obrigatória, sendo necessário somente auxiliar na recuperação desse ambiente, pois a natureza pode se encarregar da tarefa (Figuras 2 e 3). Em ecossistemas degradados, a ação antrópica para a recuperação quase sempre é necessária.



Figuras 2 e 3. Área perturbada de APP no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba (2004) e recuperada por isolamento e regeneração natural em estágio avançado de sucessão (2011).

Considerando que esses sistemas possuem energia armazenada, pode-se considerar que o ambiente degradado apresenta a perda dessa energia (Figura 2). BLUM (1998) identifica e sugere três tipos de energia envolvidos nesses compartimentos:

- **Gravitacional:** é a energia que controla a maior parte de movimentos dos sólidos, líquidos e gases, sendo determinante para alguns fenômenos, tais como erosão e sedimentação;

- **Conservada:** é a energia existente e presente no material de origem, sendo proveniente das forças internas da Terra, tais como pressão e temperatura; e
- **Solar:** é a energia de maior importância para o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais. Por meio do processo de fotossíntese, os vegetais transformam o gás carbônico atmosférico em componentes orgânicos que são transferidos ao solo.

Considerando-se esse conceito, no qual as funções e uso do solo têm como base a sua energia armazenada, implica em dizer, que **degradação do solo significa a perda de suas funções e usos**. Dessa forma, a degradação ambiental pode ser definida nas **formas específicas de energia**. Assim, todas as atitudes a serem definidas na recuperação ou no uso de áreas degradadas, devem considerar o nível de energia no sistema (KOBAYAMA; MINELLA; FABRIS, 2001).

Observa-se, entretanto, na maioria dos conceitos relacionados à área degradada, a priorização em relacioná-la ao fator solo ou terra. Isso porque o solo é um componente essencial para a manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas, necessitando de um equilíbrio quanto suas características físicas, químicas, biológicas e, inclusive, em seus aspectos visuais, sendo que a degradação dos solos se constitui como grave prejuízo socioeconômico para as gerações atuais e futuras (CÂNDIDO FILHO *et al.*, 2015).

Sabe-se, porém, que a degradação engloba não apenas o solo, mas também a água, o ar e os organismos. Sob esta visão, KOBAYAMA; USHIWATA; BARCIK (1993) definiram degradação, como “processos e fenômenos do meio ambiente, naturais ou **antropogênicos**¹, que prejudicam as atividades de um ou mais organismos”.

A partir dessa definição, esses mesmos autores conceituaram área degradada considerando a sua entropia (S), que pode ser definida como a divisão entre calor (Q) e temperatura (T), ou seja:

$$dS = dQ / T \quad \text{(Equação 1)}$$

Entendem, assim, que “**entropia**” representa a “**sujeira**” no sistema, resultando na desarmonia dos processos envolvidos. Dentro dessa visão, área degradada é aquela que apresenta maior entropia do que um ambiente equilibrado.

Para ODUM (1988), entropia é a medida da energia não disponível que resulta das transformações, como nos processos de dispersão, havendo queda de qualidade, posto não ocorrer tais processos, mesmo espontâneos, sem a ocorrência de perdas. Então, quanto menor a entropia (relação percentual entre a energia dissipada sem aproveitamento e a total utilizada), maior é a eficiência do processo de transformação.

Tratando-se da recuperação propriamente dita, é comum a citação de termos como recuperação, reabilitação e restauração como se fosse um único processo. TOY e DANIELS (1998) definem três categorias de tratamento de recuperação de solo:

- **Reabilitação:** o solo é retornado à forma e produtividade em conformidade com a sua capacidade de uso, incluindo sua estabilidade e equilíbrio ecológico, que

¹ **NOTA:** No sentido de «relativo à ação do homem sobre o ambiente» (dicionário da Porto Editora), recomenda-se **antrópico** (como em «processos antrópicos»; cf. dicionário da *Priberam*). Embora **antropogênico** seja empregado frequentemente com o mesmo significado, a sua constituição remete para **antropogênese**, «estudo da origem e do desenvolvimento da espécie humana, especialmente como objeto de investigação científica» (*Dicionário Houaiss*), e, portanto, deve ser reservado para fazer referência a este tipo de estudo.

não contribua substancialmente para a deterioração ambiental e com os valores estéticos circundantes;

- **Recuperação:** o local é novamente hospitaleiro para organismos que eram originalmente presentes ou outros que se aproximam das populações originais; e
- **Restauração:** a condição do local no momento da perturbação é reproduzida depois da ação.

Estes mesmos autores comentam que os termos reabilitação, recuperação e restauração não foram de maneira uniforme usado, sendo que outras denominações variaram ao longo dos anos. As leis e regulamentos pertinentes foram interpretados e cumpridos de diferentes modos, variando de acordo com o tempo e com o lugar. Atualmente, o termo “recuperação” é o que vem sendo mais utilizado no Brasil, mas com o entendimento que possibilidades alternativas de usos do solo, devem permanecer.

De acordo com Griffith *et al.* (2000),

“a recuperação de áreas degradadas (RAD), ou recuperação ambiental (RA), é um conjunto de ações planejadas e executadas por especialistas de diferentes áreas do conhecimento humano, que visam proporcionar o restabelecimento da autossustentabilidade e do equilíbrio paisagístico semelhante aos anteriormente existentes, em um sistema natural que perdeu essas características. As pesquisas em recuperação ambiental têm focado tanto os problemas decorrentes das atividades agropecuárias, florestais, minerárias, construção civil, urbanização e industrialização, como aqueles decorrentes de processos naturais, tais como: enchentes, incêndios, secas, dilúvios e atividades sísmicas”.

Neste capítulo, define-se 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. Abordagens para a caracterização de área degradada

A degradação atinge o meio físico, biótico e antrópico. O solo, pela sua importância nos processos produtivos, talvez seja, entre todos os compartimentos, o mais investigado.

Apesar disso, caracterizá-lo num processo inicial de degradação, não é tarefa de fácil visualização. Solos agrícolas ou de pastagens, podem estar sofrendo erosão laminar, com remoção de camadas delgadas de solo dos horizontes superficiais (O + A) onde estão concentrados os teores mais altos de matéria orgânica, micro e mesofauna do solo, além dos nutrientes minerais; contudo, sem apresentar significativa perda de produtividade, posto que esta diminua progressivamente, não permitindo, muitas vezes, efeitos visuais perceptíveis.

Considerando a possibilidade de esse processo ocorrer em ambientes montanhosos, de elevada declividade e, ou, em grandes lançantes, poderá reduzir a cobertura do solo a uma mera camada superficial. Caso esse processo não seja interrompido por constantes intervenções, poderá evoluir para erosão em sulcos, ravina e, finalmente, voçorocas de grandes dimensões, com frequentes desmoronamentos e de difícil recuperação, particularmente onde o material é muito friável (Figura 4).



Figura 4. Área de pastagens em avançado estágio de degradação.

Para promover a compreensão desse processo, a ciência do solo tem procurado associar características peculiares de qualidade do solo, de tal forma que a partir do momento que surjam alterações, seja caracterizado o estágio de sua degradação. Porém, uma das dificuldades, é estabelecer quais são essas características e o padrão de referência, para que se possa definir e quantificar a qualidade do solo, para então proceder a sua caracterização (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; IBAMA, 1990; DIAS; GRIFFITH, 1998; SOUZA, 2018).

Inicialmente, deve-se considerar a destinação pretendida a um determinado solo, para que se possa inferir sobre sua qualidade, posto que exigências e requerimentos, por exemplo, para agricultura ou para a construção civil, são diferenciados.

Dessa forma, solos que apresentam alta densidade podem apresentar como característica a compactação, que é favorável às edificações, porém indevida para práticas agropecuárias. Logo, observa-se relatividade no conceito de qualidade do solo (DIAS, 2003a).

Por este motivo, a caracterização de diferentes componentes de um sistema degradado requer a realização de análises físicas, químicas e biológicas, as quais exigem cuidados e procedimentos específicos, que devem ser considerados em função de variações qualitativas e quantitativas destes componentes (*ibidem*).

Sabe-se que as causas que originam fontes de degradação são diversas, tais como desflorestamento para abertura de novas fronteiras agropecuárias, uso inadequado do solo, mineração, despejo inadequado de resíduos ou mudanças socioeconômicas, na

maioria das vezes, promovendo alta incidência de impactos ambientais negativos. Em quase todos os casos, ocorre a mudança do uso do solo, sem os devidos cuidados que se fariam necessários.

GRIFFITH (2001) considera que os processos que envolvem o restabelecimento destas áreas degradadas, baseiam-se na intervenção de componentes do ambiente, tais como os substratos, a vegetação e a fauna, corrigindo ou acrescentando aqueles que foram identificados a partir de um amplo estudo de caracterização da área.

A etapa inicial do planejamento deve permitir o conhecimento da amplitude do problema ambiental no qual o projeto de recuperação está inserido.

Assim, o ambiente degradado permite diferentes abordagens para a sua caracterização (DIAS, 2003a):

a) Abordagem restritiva ou segmentada:

Analisa-se cada componente (solo, água, ar), facilitando a visualização e a sua quantificação; e

b) Abordagem ampla ou não segmentada:

A partir de conceitos de ecologia, visualizando o ambiente como um conjunto de componentes que se encontra em equilíbrio ou, para Coelho (2001), em estado de relativa estabilidade, posto ser temporal, onde a energia erosiva permanece relativamente estabilizada.

4.1. Abordagem segmentada

Baseia-se na quantificação de indicadores de qualidade dos diversos compartimentos do ambiente. Um sistema é formado por inúmeros componentes em cada um dos compartimentos ambientais, que em situação de equilíbrio, realizam trocas necessárias para a sua manutenção, tais como gases, água e nutrientes (Figura 5).

Na visão segmentada, cada uma das variáveis desses componentes deve ser tomada e referenciada a padrões que permitam caracterizá-los qualitativamente (DIAS; GRIFFITH, 1998; DIAS, 2003a).



Figura 5. Área de APP: planejamento da recuperação com dezenas de compartimentos ambientais.

4.1.1. Caracterização segmentada de área degradada: componente solo

Solos são corpos naturais não consolidados na superfície da terra, organizados com características próprias adquiridas por meio da ação dos “fatores” e “processos” de formação sobre as rochas existentes na camada superficial da crosta terrestre, que evoluem durante os estágios de gênese e maturação. Tridimensionais, são constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, possuindo intenso dinamismo em sua composição mineral e orgânica, em equilíbrio com o seu desenvolvimento, contendo matéria viva que dá suporte à vida animal, vegetal e outras atividades biológicas, num ambiente natural (VIEIRA, 1975; VIEIRA; SANTOS; VIEIRA, 1988; LIMA, 2002; RESENDE *et al.*, 2002; SOUZA, 2004; 2018).

RESENDE *et al.* (2002) relatam as vantagens em aprender sempre mais a respeito do solo, posto que ele ocupa uma posição peculiar ligada às várias esferas que afetam a vida humana.

É, além disso, o substrato principal da produção de alimentos e uma das principais fontes de nutrientes e sedimentos que vão para os rios, lagos e mares.

Existe uma quantidade significativa de conhecimentos e generalizações a respeito de solos e seu comportamento; contudo, quando integrados no quadro socioeconômico, está longe de serem sistematizados, fazendo-se necessária muita pesquisa e observações no sentido de melhor entendê-lo.

Para conhecer os solos, é necessário fazer levantamentos, nos quais serão reconhecidos seus atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos (Figura 6).



Figura 6. Área degradada sendo preparada para procedimentos de recuperação.

O levantamento inclui a classificação dos solos, que irá estabelecer e situar diferenças entre unidades, correlacionar e prever a adaptabilidade dos solos para diversas espécies florestais, seu comportamento e produtividade sob diferentes sistemas de manejo e as colheitas das espécies adaptadas sob conjuntos de práticas de manejo (CASTRO FILHO e MUZILLI, 2002).

Essas informações são de extrema importância, fornecendo uma base geral para facilitar a compreensão de alguns fenômenos de fácil percepção no campo (como a relação clima, solo e biota) e estimular novas observações que facilitarão as tomadas de decisões nos processos de recuperação ambiental.

O solo é constituído de compostos sólidos provindos das rochas e da matéria orgânica, de líquidos e de gases. A presença desse material orgânico possibilita que as partículas sólidas mais finas, resultado final da ação do intemperismo sobre a rocha, possam formar agregados que se estruturam em uma forma definida, inclusive formando horizontes distintos ao longo do perfil.

Essa estrutura, que possui esses espaços vazios, denominados poros (macro e microporos), tem a capacidade de armazenamento de líquidos e gases. Quanto maior for o equilíbrio entre essas três fases, propiciarão maior atividade biológica e o estabelecimento do processo de ciclagem biogeoquímica, favorecendo o estabelecimento e o desenvolvimento da vegetação (VIEIRA; SANTOS; VIEIRA, 1988).

As proporções destas partículas (Quadro 1 e Figura 7), determinam a textura do solo. O arranjo das diversas partículas juntamente com os efeitos cimentantes de materiais orgânicos e inorgânicos, determinam a estrutura do solo.

Quadro 1. Tamanho das partículas do solo.

Partículas	Diâmetro (mm)	Partículas	Diâmetro (mm)
Matacões	> 200	Areia fina	0,20-0,05
Calhaus	200-20	Silte	0,05-0,002
Cascalhos	20-2	Argila	< 0,002
Areia grossa	2-0,20		

Fonte: RESENDE *et al.*, 2002.



Figura 7. Partículas predominantes nos solos: Areia, argila e silte. Fonte: RESENDE *et al.*, 2002.

A parte sólida é principalmente mineral, sendo essa fração constituída por minerais primários não intemperizados, classificados de acordo com o tamanho de suas partículas, nas frações cascalho, areia ou silte; e minerais secundários na fração argila.

Especialmente, as partículas do tamanho argila (menor que 0,002 mm) afetam as características físicas e químicas do solo, pois exibem comportamento coloidal, apresentando cargas de superfície e grande área específica, sendo a fração que garante a atividade do solo. Os materiais orgânicos são constituídos de resíduos vegetais e animais, parte dos quais são vivos e, aqueles restantes, apresentando diversos estágios de decomposição (VIEIRA, 1975; VIEIRA *et al.*, 1988; SOUZA, 2018).

A parte líquida se constitui essencialmente de água, contendo minerais dissolvidos e materiais orgânicos. Ocupa parte ou quase todo o espaço vazio entre as partículas sólidas, dependendo da umidade do solo. Essa água pode ser absorvida pelas raízes das plantas, evaporada para a atmosfera, drenada ao longo do perfil ou retida na matriz do solo (RESENDE *et al.*, 2002).

A parte gasosa ocupa os espaços vazios não ocupados pela água. É uma porção importante do sistema solo, pois a maioria das plantas exige aeração do sistema radicular (*ibidem*).

As proporções relativas das três fases variam continuamente e dependem de variáveis como clima, vegetação e manejo. Existe uma correlação com as características físicas e químicas do solo, que determinam a sua qualidade.

As propriedades físicas, tais como a densidade aparente e a textura, influenciam na aeração, na permeabilidade, na infiltrabilidade e na capacidade de retenção de água. As propriedades químicas são as concentrações de componentes orgânicos e inorgânicos que determinam características, tais como a fertilidade do solo e a salinidade, sendo quantificáveis. Tais propriedades, físicas e químicas, exercerão influência sobre a atividade biológica (SCHAEFER *et al.*, 2000).

Portanto, o solo é o local onde ocorre a interação das esferas hidrológicas, biológicas, atmosféricas e geológicas. Dada essa importância, pode ser usado como base para classificação de área degradada e para definir o grau de depauperamento da sua potencialidade.

4.1.2. Indicadores de qualidade do solo

Quando ocorre intervenção por atividades antrópicas em uma determinada área, sem as devidas precauções, pode propiciar a sua degradação, podendo ser dividida em três categorias, as quais após a identificação e quantificação, poderão ser utilizadas funcionando como indicadores de qualidade do solo (DORAN e PARKIN, 1994; REINERT, 1998):

a) Degradação física:

Estão relacionadas às alterações das condições estruturais do solo, ou seja, refere-se à perdas de condições ligadas: 1) à forma, tais como densidade, porosidade, infiltração e aeração; e 2) à estabilidade, tais como a coesão e a resistência dos agregados. Alto grau de compactação, reduzida aeração, alta friabilidade, susceptibilidade à erosão, baixa retenção de água e alteração topográfica do terreno,

como o selamento, indicam o declínio das condições estruturais do solo e sua degradação física.

Principais indicadores: textura, estrutura, profundidade do solo, do horizonte superficial e das raízes, densidade do solo, taxa de infiltração e capacidade de retenção de água;

b) Degradação biológica:

Caracterizada, principalmente, pela perda da biodiversidade do solo e pela redução do teor de matéria orgânica, tendo como principal consequência a baixa ou nula atividade da micro (menor de 0,2 mm em tamanho), meso (de 0,2 a 2 mm) e macrofauna (de 2 a 20 mm) e flora do solo. A existência de atividade biológica estabelece o processo de ciclagem biogeoquímica, que permite a sustentabilidade do sistema.

Principais indicadores: C e N contidos na biomassa microbiana; N potencialmente mineralizável e taxa de respiração do solo; e

c) Degradação química:

Reflete os insumos, como a adição desregrada de agroquímicos ao solo; e as saídas, como os nutrientes exportados pela produção agrícola ou pela madeira dos plantios florestais (“drenos florestais”), que reduzem a fertilidade do solo. Processos de acidificação e salinização são exemplos de degradação química do solo.

Principais indicadores: carbono orgânico total, matéria orgânica do solo, N total; pH; condutividade elétrica; e N, P e K disponíveis.

Dessa forma, pode-se concluir que solos degradados, entre outros, caracterizam-se por apresentar (SÁNCHEZ, 2001):

- Perda de matéria orgânica devido à erosão ou a movimentos de massa;
- Acúmulo de material alóctone recobrando o solo;
- Alteração negativa de suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compactação;
- Alteração de características químicas, devido a processos como salinização, lixiviação, deposição ácida e concentração de poluentes; e
- Morte ou alteração das comunidades de organismos vivos do solo.

Dentro dessa realidade, o modelo de produção convencional ou agroquímico (Figura 8), devido à grande quantidade de energia artificial incompatíveis com o sistema natural, produzindo um volume significativo de resíduos: apresenta maior entropia em relação ao modelo de produção tradicional, como lavouras conduzidas organicamente (Figura 9).

O aumento da energia pode ocorrer de forma lenta e gradual, como nos processos naturais de formação dos solos; ou de forma mais rápida, produzida por meio da interferência antrópica, em função da adição de energia nos sistemas, sejam agrícolas, pecuários, florestais, urbanos ou industriais (KOBAYAMA; MINELLA; FABRIS, 2001).

Para Dias e Griffith (1998), o uso adequado desses indicadores depende de uma visão holística que os integre de forma harmônica a um determinado ecossistema que esteja sendo avaliado. Para isso, é fundamental que sejam definidos valores de referência para a avaliação dos estágios de degradação e, que não sejam padrões fixos, mas sim valores obtidos de áreas próximas, que ainda não tenham sofrido ação antrópica.

Faz-se necessário maior número de pesquisas para a avaliação dos solos sob o enfoque de degradação, para que rotinas possam ser estabelecidas, de tal forma que o monitoramento e o diagnóstico contemplem o binômio agilidade e facilidade de realização.



Figura 8. Área de agricultura convencional ou agroquímica preparada para cultivo.



Figura 9. Área de agricultura tradicional, familiar e agroecológica no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre – ES.

4.2. Abordagem não segmentada

Baseia-se na interpretação e quantificação de características ecológicas que determinam a resiliência e a sustentabilidade do ambiente. Qualquer intervenção que possa promover a alteração dos fluxos de energia, na ciclagem de nutrientes e na quantidade e na qualidade da água, resultará em redução da capacidade de suporte e aumento da entropia, promovendo alterações do ciclo biogeoquímico; não cessando o distúrbio, poderá ocorrer a degradação do ambiente (Figura 10).



Figura 10. Área degradada com relevo acidentado preparado “morro abaixo”.

Para que um determinado sistema seja autossustentável é necessário que haja equilíbrio entre os grupos metabólicos (DIAS, 2003a):

a) Produtores primários:

São os organismos capazes de absorverem as radiações solares, fixando-as em moléculas orgânicas por meio da fotossíntese;

b) Consumidores:

São os organismos que utilizam os produtores primários como fonte de alimentação, consumindo os tecidos vegetais, tanto acima da superfície do solo, como também nas camadas inferiores.

Para a manutenção da diversidade, possuem a importante função da dispersão de propágulos das plantas e matéria orgânica, além de promoverem o retorno do carbono para a atmosfera, na forma de dióxido de carbono.

Dentre os organismos que compõem essa cadeia, os animais que comem plantas são consumidores primários; aqueles que comem os consumidores primários são consumidores secundários, como por exemplo, muitos pássaros predadores, peixes e insetos.

Os consumidores terciários comem os secundários, como por exemplo, os carnívoros.

c) Decompositores:

São os organismos responsáveis pela quebra dos compostos orgânicos dos produtores primários e dos consumidores mortos, possibilitando o retorno dos elementos para a sua forma mineral, sendo reutilizados por meio da reciclagem. A sua grande importância está relacionado ao fato de evitarem o acúmulo de matéria orgânica, o que conduziria à exaustão do carbono da atmosfera.

Como função secundária, também de significativa importância, a de desenvolvimento e manutenção da estabilidade da estrutura do solo, favorecendo a formação de agregados. Consistem basicamente de bactérias, fungos e protozoários (DIAS, 2003a).

Os microrganismos que contribuem à agregação do solo são todos heterótrofos que necessitam de matéria orgânica como fonte de energia. Os actinomicetos, essenciais na decomposição dos compostos orgânicos, são considerados os mais poderosos agregadores do solo - especialmente por serem os formadores mais eficazes de substâncias húmicas (PRIMAVESI, 1987).

Dessa forma, a estabilidade de um sistema depende da interação complexa entre produção, consumo e ciclagem de gases, solutos e líquidos. Em um sistema natural, duas características são particularmente importantes para a avaliação de um processo de degradação - **a capacidade de suporte e a biodiversidade** (DIAS, 2003a):

a) Capacidade de suporte:

Pode ser definida como a densidade máxima teórica que um determinado sistema é capaz de sustentar, considerando tanto o número de espécies como o volume de biomassa. A biomassa está diretamente relacionada ao total de carbono orgânico existente, representando o limite superior do sistema. A magnitude da capacidade suporte está diretamente influenciada e dependente por uma combinação de fatores, tais como regime hídrico, temperatura, radiação solar, solo e topografia.

De acordo com Odum (1988), à medida que aumentam o tamanho e a complexidade de um sistema, o custo energético de manutenção tende a aumentar proporcionalmente; assim, caso o tamanho de um sistema seja dobrado, geralmente torna-se necessário mais que o dobro da quantidade de energia que deve ser desviada para reduzir o aumento na entropia; e

b) Biodiversidade:

Pode ser definida como o número e a abundância relativa de espécies existentes. Em um conceito mais amplo, pode-se dizer que é o conjunto das variações de base genética que ocorre em todos os níveis de vida, desde as variações dentro de uma única população, até as variações existentes em todas as comunidades de todos os ecossistemas do mundo.

Engloba as plantas, os animais, os microrganismos, os ecossistemas e os processos ecológicos em uma unidade funcional. A diversidade de espécies apresenta dois componentes: 1) a riqueza - definida como o número de espécies presentes; e 2) a uniformidade ou equitabilidade - reflete a abundância relativa ou a forma como os indivíduos encontram-se distribuídos, em número, entre as diferentes espécies existentes. Segundo Odum (1988), a capacidade de resiliência está relacionada à diversidade biológica.

Quanto maior for o tamanho e a complexidade estrutural do ecossistema, a tendência é que maior seja a sua biodiversidade. E maior será sua resiliência.

Após a ocorrência de estresse em um determinado ecossistema, quanto maior for a sua base de informações genéticas, maior será a sua chance da manutenção da estrutura anterior e do funcionamento do sistema de maneira igual ou semelhante à pré-degradação, principalmente devido à sua capacidade de produção de biomassa (retornos crescentes com a escala ou economia de escala), mesmo tendo havido aumento da entropia (Figura 11).



Figura 11. Área de APP ao lado da reserva legal do IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba: elevada biodiversidade favorecendo o processo de recuperação.

Este volume de informações que a biodiversidade carrega, representam a **resiliência** do sistema. Em um sistema natural, existe um equilíbrio entre a produção e o consumo de energia: quando ocorrem perturbações, caso elas não cessem, haverá desequilíbrio, podendo chegar a um colapso catastrófico (retornos decrescentes com a escala ou deseconomia de escala) resultante do maior custo necessário para se livrar da desordem. Ou seja, quando os limites são ultrapassados e a entropia excede a capacidade do ecossistema de dissipá-lo, haverá a redução de seu tamanho e perda de biodiversidade.

Com o fim do estresse, a resiliência do sistema permitirá o restabelecimento da capacidade de suporte aos níveis iniciais, ou próximos àqueles, o mesmo acontecendo à entropia. O tempo necessário para que isto ocorra, está diretamente relacionado com características de cada sistema e a frequência e intensidade de novos estresses. Portanto, a manutenção da biomassa vegetal passa a ter um papel fundamental na sua manutenção, permitindo a fixação de carbono e ao mesmo tempo transformando-se num agente de ciclagem de nutrientes, mantendo no sistema um determinado “status” de nutrientes que resulta na sua estabilidade ou sustentabilidade (ODUM, 1988; BARROS; NOVAIS, 1990; DIAS, 2003a; SOUZA, 2018).

Assim, quanto maior for a complexidade de um sistema, tanto maior será a sua capacidade de autorregulação. Entretanto, há que se considerar: à medida que um ecossistema torna-se maior e mais complexo, uma maior parte da sua produção será utilizada para a sua sustentação, diminuindo, proporcionalmente, a parcela da produção bruta que poderia ser destinada ao crescimento.

Quando o equilíbrio entre as entradas e saídas é atingido, o tamanho desse ecossistema não poderá mais aumentar, ou seja, será atingida a sua “capacidade máxima de suporte”. Para que esta seja sustentável ao longo do tempo, frente às incertezas ambientais, deve ser calculada considerando valores inferiores: empiricamente, é calculada em torno de 50% da capacidade máxima teórica de suporte (ODUM, 1988).

Esse fato pode ser confirmado, por exemplo, nos processos de retirada de madeira sem o devido manejo ou ausência de práticas conservacionistas (Figura 12).

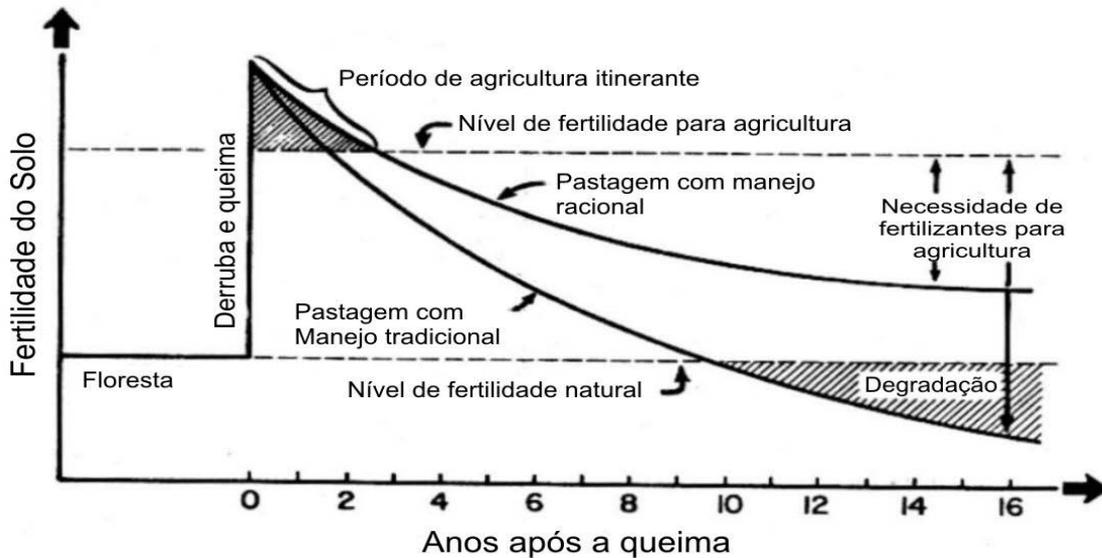


Figura 12. Alterações da fertilidade de um solo pobre, originalmente revestido de floresta, em consequência da derrubada-queima e posterior utilização com agricultura itinerante ou formação de pastagem: manejo tradicional. Fonte: LAMPRECHT, 1990.

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, vem ocasionando a extinção de espécies florestais de conhecido valor comercial e, principalmente, ecológico. Como agravante, nessas áreas são introduzidas pastagens, que recebem animais acima da sua capacidade de suporte, onde nenhuma prática conservacionista é adotada, sem nenhuma correção ou reposição de nutrientes ao solo.

Em decorrência desse fato, além do processo de degradação do solo que se inicia, considerando que não seja respeitada a frequência de regeneração para cada espécie, ocorre o comprometimento do seu potencial genético, principalmente pelo fato de que nenhum exemplar adulto das espécies arbóreas é conservado na área em questão (LESCURE; PINTON; EMPERAIRE, 1997).

Esse desmatamento descontrolado tem provocado a ocorrência de inúmeras áreas degradadas e até mesmo, ecossistemas inteiros, principalmente em solos relativamente pobres, como os da Amazônia e do Cerrado brasileiros. Nesse ano de 2020, recordes de incêndios foram quebrados nesses dois biomas: infelizmente, nunca se queimou tantas florestas.

Quando o nível de nutrientes ou de energia de um sistema sofre alteração excessiva, a estabilidade do sistema é afetada, não retornando até que um novo equilíbrio seja atingido naturalmente ou pela ação do homem.

4.3. A construção de cenários

Existem várias experiências de sucesso em programas de recuperação. Entretanto, para fazer o monitoramento da recuperação é fundamental acompanhar as alterações

que se processarão no ecossistema. Considerando o componente “Solo”, uma das formas de avaliar as suas perdas por processos erosivos em áreas degradadas ou recuperadas, para a verificação do estágio da sua recuperação, é usar como estratégia a comparação destas áreas com paisagens naturais localizadas na proximidade. Elas representam a memória de uma dada região.

Essa estimativa deve ser feita analisando-se as diversas características do local, incluindo clima, topografia, geologia, cobertura vegetal, uso e manejo do solo. Servirá também de base para monitoramento e comparações futuras do local. A evidência de que processos erosivos persistem, evidenciam a existência de problemas hidrológicos no local (CURTIA; DYER; WILLIAMS, 1994; SOUZA, 2015).

De acordo com Toy e Daniels (1998), a cobertura vegetal, a diversidade de espécies e a produtividade da área alterada são habitualmente comparadas com as áreas não perturbadas; ou seja, é uma estratégia que utiliza como abordagem uma “área de referência”. Entretanto, essa estratégia é problemática, pois:

- a) exige réplicas do ecossistema pré-perturbação; e
- b) envolve comparações entre comunidades de plantas nos seus diversos estágios de desenvolvimento e da comunidade original desse solo com distúrbios.

Uma alternativa é a “abordagem utilitária”, que avalia se a capacidade do solo perturbado caso corretamente utilizado, poderá sustentar a capacidade de uso do solo pretendido.

Por exemplo, se o uso futuro do solo escolhido for para a atividade cafeicultura, solos recuperados deverão ter produtividade suficiente para garantir ganhos financeiros apropriados para a região, sem efeitos prejudiciais ao ecossistema.

Entretanto, o procedimento correto para o sucesso da recuperação, mais seguro e científico, exige a elaboração de cenários pré e pós-degradação, onde serão estabelecidos os objetivos do processo de recuperação; além do detalhamento minucioso do cenário atual.

Cabe considerar que podem ocorrer duas (2) situações:

- a) a área está em sua condição natural, preservada, e será explorada por uma dada atividade; e
- b) a área já se encontra degradada e será recuperada para nova destinação: atividade comercial ou voltada para fins de conservação ou preservação ambiental.

Na primeira condição, suponha que tal área será destinada a atividade de mineração e, posteriormente, será recuperada e estabelecida nova destinação. Nesse caso, será realizado elaborado o Cenário pré-degradação, por meio de um EIA, onde será realizado o Diagnóstico Ambiental da área: representará, também, o Cenário atual.

Na segunda condição, a área já não tem suas condições originais, encontra-se alterada e, ou, degradada. Ou seja: na execução do EIA/RIMA, o diagnóstico ambiental presente considerará as condições atuais, sendo necessária uma vasta pesquisa para se elaborar o Cenário pré-degradação: uma alternativa é buscar nas proximidades áreas que apresentem as mesmas características desse local degradado, como relevo e altitude, observando a vegetação e os variados componentes desse ecossistema, para que se possam pressupor quais eram suas características originais (Figura 13).



Figura 13. Área de APP degradada do IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba em processo de recuperação: vegetação secundária ao fundo estudada para a elaboração do cenário pré e pós-degradação.

Na situação apresentada pela Figura 13, após o levantamento dos dados da área florestada e feito o diagnóstico ambiental da área degradada (Cenário atual), foram elaborados os Cenários pré e pós-degradação.

4.3.1. Cenário pré-degradação

O diagnóstico para a elaboração do cenário pré-degradação deve ser realizado a partir de fatores ambientais das áreas de influência e naquelas diretamente afetadas. Deve abranger os componentes destacados durante os Estudos dos Impactos Ambientais (EIA), particularmente aqueles que mereceram destaque no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do projeto, tais como (SILVA, 1993; 1994a; 1994b; 1998; DIAS, 2003a; SOUZA, 2018):

Meio físico:

Clima e condições meteorológicas, qualidade do ar, ruído, geologia, geomorfologia, solos, recursos hídricos, hidrogeologia e qualidade das águas;

Meio biótico:

a) Ecossistemas terrestres:

- Flora e vegetação (descrição e mapeamento atualizados dos estratos vegetacionais, levantamento fitossociológico para determinação da densidade, abundância, importância e dominância das diversas espécies da vegetação encontradas, identificando aquelas de interesse científico e ameaçadas de extinção);

- Fauna (também, devem ser identificadas com destaque às raras, as ameaçadas de extinção, as de valor econômico e científico, os indicadores de qualidade ambiental, assim como as de interesse epidemiológico) e as possíveis descrições das inter-relações fauna-flora e fauna-fauna na área considerada; e

b) Ecossistema aquático:

- Caracterização do estado trófico dos corpos d'água estudados (a caracterização limnológica deverá atender a necessidade de se conhecer as condições física, química e biológica dos cursos d'água a serem aproveitadas nos projetos propostos); e

Meio socioeconômico:

Dinâmica populacional, uso e ocupação do solo, uso da água, patrimônio natural e cultural, nível de vida, estrutura produtiva e de serviços e organização social.

Após esse levantamento, as informações derivadas devem ser avaliadas por especialistas das diversas áreas relacionadas, para que sejam interpretadas e integradas de forma ordenada e detalhada, sem perder a visão global do ambiente.

A partir de análises e ponderações, surgirão as propostas de recuperação e mitigação de possíveis impactos ambientais. Servirão, também, para a elaboração do cenário pós-degradação. Essas informações devem diagnosticar e representar da melhor maneira possível, com a maior fidelidade, as características do ambiente.

As informações levantadas podem ser classificadas em quatro categorias (HARRIS; BIRCH; PALMER, 1996; DIAS, 2003a):

Histórico da área:

Mapas, jornais, revistas, fotografias, livros, registros em cartório, processos jurídicos, entre outros;

Uso corrente:

Levantamento visual, indicadores econômicos, registros civis, etc.;

Topografia ou arquitetura:

Levantamentos e mapas topográficos; e

“Status” biogeoquímico:

Mapas de solos, geologia e hidrologia, vulnerabilidade de águas subterrâneas, monitoramento biológico, amostragens e análises dos diferentes componentes do sistema.

De acordo com DIAS (2003b), o uso de imagem de satélite e de fotografia aérea, quando comparados diferentes períodos são fontes valiosas de informações sobre a evolução de processos de degradação, conservação, desflorestamento e urbanização do ambiente - auxiliam no estabelecimento do potencial de recuperação da área.

Atualmente, há de se considerar a importância do uso de ferramentas tecnológicas e métodos de gestão no processo de monitoramento de projetos de RAD. Com o advento do Sistema de Informação Geográfica (SIG) esse trabalho ficou facilitado, em face do enorme potencial desta ferramenta: permite a análise global do ambiente sob diferentes perspectivas, sem que haja perda do detalhamento necessário para a identificação de problemas pontuais. Ferramentas como drones, programas de geoprocessamento, bancos de dados e canais de comunicação e a sua importância no controle e monitoramento de projetos, contribui de forma significativa para a visualização e interpretação de pontos que não poderiam ser observados anteriormente, sem o uso desses recursos.

Dessa maneira, depois de sistematizadas as informações, são elaborados os mapas que permitirão a visualização do cenário pré-degradação. Este servirá de referencial e também possibilitará a elaboração do cenário pós-degradação, onde poderá ser avaliado o potencial de recuperação e da determinação dos objetivos dos procedimentos (Figuras 14 e 15).



Figuras 14 e 15. Área de APP do IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba no início dos procedimentos de recuperação (2011) e dois anos após as intervenções.

Porém, deve-se estar ciente, que a recuperação ambiental não pode reproduzir toda a geologia, o solo, as distinções vegetativas e a beleza cênica que existiram anteriormente à perturbação. Assumidos que aquele solo e as características vegetativas se desenvolveram ao longo do tempo, eventualmente podem retornar a uma condição semelhante àquela de equilíbrio prévio ou, talvez, atinjam uma nova condição de equilíbrio.

A evolução do solo e das propriedades vegetativas afetam os processos hidrológicos e a erodibilidade de taludes, como também a descarga de sedimentos carreada pelo fluxo dos canais (de acordo com Cunha (2003), indica o principal tronco do sistema de drenagem; por exemplo, os rios são definidos como corpos d'água em movimento – ambiente lótico, confinados em um canal).

O cenário pré-degradação mostra que é possível examinar mudanças no solo, vegetação e propriedades do canal por algumas décadas, em locais anteriormente recuperados, usando dados da linha de base e fotografias aéreas obtidas antes da perturbação, junto com as atuais medidas no campo (FOSTER, 1982; TOY e DANIELS, 1998; TOY; FOSTER; RENARD, 2002; SOUZA, 2018).

Finalmente, a avaliação por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos, dos componentes bióticos e abióticos do ambiente, permite a determinação de seu grau de degradação: os cuidados recaem ao uso de padrões ou referências para a interpretação de indicadores, que devem, preferencialmente, ser originados do local em estudo (discutidos no subcapítulo 4, p. 22: Abordagens para a caracterização de área degradada).

Assim, o levantamento pré-degradação funciona como peça fundamental para o estabelecimento desses padrões e referências: tanto para quantificar a intensidade de degradação (DIAGNÓSTICO), como também servirá de parâmetro futuro no cenário pós-degradação (PROGNÓSTICO), para o monitoramento e a avaliação do estágio de recuperação (DIAS, 2003a; SOUZA, 2018).

4.3.2. O cenário pós-degradação

Para a elaboração do cenário pós-degradação (prognóstico), devem ser realizados levantamentos semelhantes àqueles do cenário pré-degradação. Porém, em função do tipo e das características das atividades que darão origem ao processo de degradação, devem ser incluídas outras avaliações, além de abordagens distintas, por exemplo, a necessidade de monitoramento.

Os levantamentos pós-degradação têm como principal objetivo caracterizar os diferentes ambientes do sistema degradado, de forma a classificá-los quanto:

- Ao grau de degradação;
- Aos riscos ambientais;
- Às estratégias de mitigação de impactos; e
- As potencialidades de uso.

Por esses motivos, a elaboração do cenário pós-degradação, passa a ser uma ferramenta de extrema importância para o estabelecimento dos objetivos da recuperação e para a determinação de estratégias compatíveis com os objetivos predeterminados (DIAS, 2003a).

A recuperação de locais com distúrbios envolve uma variedade de práticas de manejo de curto e longo prazo, normalmente projetadas antes da perturbação, para minimizar os impactos adversos e maximizar o potencial produtivo futuro do local.

Porém, é importante perceber que alguns efeitos de curto prazo, como aumento do escoamento superficial, produção de sedimentos e deslocamento da vida selvagem (flora e fauna), são inevitáveis em atividades perturbadoras de solo, particularmente naquelas que promovem grandes movimentos de solo e retirada da cobertura vegetal, tais como a mineração, a construção de rodovias e ferrovias, ou mesmo áreas recém-implantadas das atividades de aquicultura e de cafeicultura.

Então, embora o enfoque de metas de recuperação ou reconstrução da pedopaisagem seja de longo prazo, todos impactos hidrológicos, estratégias de revegetação e recuperação após o uso do solo, deve ser incluído um programa ativo de mitigação dos impactos temporários contendo operações diárias e planos contingenciais (TOY e DANIELS, 1998; SOUZA, 2018).

Os riscos ambientais são determinados se levando em consideração o grau de degradação, as características do ambiente propriamente dito e da circunvizinhança, no sentido de delimitação da área de influência e das próprias estratégias de recuperação (DIAS e GRIFFITH, 1998; SOUZA, 2018).

Em geral, medidas de controle do movimento das águas superficiais e dos sedimentos, incluindo na rotina práticas que facilitem a manutenção, são aspectos importantes para evitar impactos ambientais fora do local da perturbação do solo.

Em circunstâncias onde fortes temporais incidem sobre superfícies áridas, tais como:

- Áreas de pastagens degradadas;
- Taludes expostos nos ambientes urbanos; e
- Áreas mineradas,...

...a erosão causada pelas águas pluviais é agravada pela falta de vegetação.

Como consequência, pode resultar sério problema nos taludes, podendo evoluir de uma ligeira erosão laminar para erosão por sulcos, ravinas e, finalmente, a formação de grandes voçorocas. Inclusive, poderão ocorrer movimentos de massa, tornando-se assim, uma situação de difícil controle.

Por esse motivo, terrenos sem vegetação devem ser protegidos da água corrente originada das partes mais elevadas, de tal forma que os procedimentos de recuperação ambiental, tais como a reposição de matéria orgânica e o replantio de mudas, não sejam perdidos com as chuvas que carregam a camada fértil do solo e do subsolo para cotas mais baixas (fundos de vale, rios, lagos, represas).

A água transportada dentro do local deve ser contida por meio de canais apropriados, com a utilização de estruturas para a contenção de sedimentos, considerando as condições de solo, declividades e clima (os filtros das calhas de drenagem, quando houver, devem ser limpos constantemente). A Figura 16 apresenta área que sofrerá intervenções: em função do avançado nível de degradação, a nascente presente na área, que era perene, tornou-se intermitente.



Figura 16. Área de pastagem degradada em relevo movimentado no município de Alegre, ES, com enxurradas e formação de ravinas: nascente com vazão cessada.

Junto com as práticas de gerenciamento de tempestades, de manipulação e de reposição de solo, o plano deve ser revisado e ajustado para prevenir prolongadas exposições altamente erosivas ou estratos potencialmente tóxicos. Em áreas de mineração ou áreas de agropecuária que usam intensivamente agroquímicos, as propriedades físicas e químicas do solo devem ser rigorosamente analisadas antes da perturbação: qualquer material que apresente pequeno risco à qualidade da água, em curto ou longo prazo, deve ser identificado (TOY e DANIELS, 1998; TOY; FOSTER; RENARD, 2002).

Os esforços de revegetação devem ser simultâneos à perturbação imposta, para que a área total a ser exposta seja reduzida. As valetas (canaletas, calhas, escadas, tubulações, bueiros, fossa) de escoamento de superfície, lagoas de sedimentos e estruturas temporárias, exigem manutenção rotineira para assegurar seu efetivo controle (Figuras 17 e 18).



Figuras 17 e 18. Revegetação de taludes e valeta de drenagem (ladrão) de represa da área da invernoada do IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba.

As canaletas em locais com maiores declividades deverão ser revestidas, por exemplo, com massa de cimento, com o uso de sacos solo-cimento ou argamassa com pedras de mão; ou construir escadas para a dissipação da energia produzida pelo forte movimento das águas (IBAMA, 1990; OLSON; LAL; NORTON, 1994; TOY; FOSTER; RENARD, 2002; SOUZA, 2018).

Este nível de coordenação de manipulação da paisagem exige ajustes diários para reduzir ou substituir alguns passos e efetivamente controlar o escoamento superficial no local (Figura 19).

É recomendável, inclusive para favorecer o abastecimento dos lençóis, construir ao longo do sistema de drenagem pequenos tanques ou bacias de sedimentação (caixas de contenção ou caixas secas ou “barraginhas”).

É fundamental para o sucesso dos procedimentos de recuperação de uma dada área, que seja realizado o seu detalhado diagnóstico ambiental.



Figura 19. Barraginha em área de pastagem em procedimentos de recuperação.

5. Diagnóstico ambiental (Cenário atual)

De acordo com a Resolução CONAMA 001/86, dentro do contexto de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o **diagnóstico ambiental** da área de influência do empreendimento deve apresentar uma completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, de modo a caracterizar a situação ambiental antes da implantação do projeto (Cenário pré-degradação).

Para que os procedimentos de RAD sejam duradouros, os objetivos de um projeto de recuperação ambiental, a partir de um amplo levantamento, devem considerar além dos aspectos técnicos e legais, também, os aspectos ambientais, sociais, culturais, econômicos e éticos – que são identificados nessa fase do diagnóstico ambiental.

A partir dessa análise, o ambiente passa a ser avaliado de tal forma que possam ser geradas informações a respeito de suas características anteriores ao processo de degradação (cenário pré-degradação), o qual poderá fornecer importantes informações sobre o potencial de recuperação do ambiente, no cenário pós-degradação (ou seja, no futuro, o prognóstico).

Dessa forma, o diagnóstico ambiental deverá retratar o cenário e a qualidade ambiental atual da área de abrangência dos estudos, indicando as principais características dos diversos fatores que compõem o sistema ambiental, de forma a permitir o entendimento da dinâmica e das interações existentes entre os meios físico, biótico e socioeconômico da área diretamente afetada (Figura 20).

No Estado do Espírito Santo, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), realiza tal etapa visando atender as diretrizes acima especificadas e cumprir o Termo de Referência estabelecido por esse órgão.

Nos dias atuais, na execução do Estudo de Impacto Ambiental do Projeto de Implantação da Central de Tratamento de Resíduos – Terramar, o diagnóstico ambiental foi subdividido em três tópicos principais (IEMA, 2020):

- Meio Físico: climatologia, geologia, geomorfologia, recursos hídricos e qualidade das águas superficiais e ruídos;

- Meio Biótico: vegetação e fauna; e
- Meio Antrópico: dinâmica populacional, economia, infraestrutura, uso e ocupação do solo, organização social.



Figura 20. Alunos do curso de Agroecologia (disciplina RAD) realizando o diagnóstico ambiental de APP a ser recuperada: IF Sudeste de Minas campus R. Pomba.

Segundo o IEMA (2020), o desenvolvimento do Diagnóstico Ambiental baseou-se em três vertentes fundamentais:

- Levantamento de Dados Secundários;
- Sensoriamento Remoto; e
- Levantamento de Campo (Dados Primários).

O presente documento sugere que sejam adotados os seguintes procedimentos para a boa execução do diagnóstico ambiental de um dado projeto:

- Identificar os problemas ambientais adversos que podem ser esperados;
- Incorporar, nas ações de desenvolvimento, medidas mitigadoras apropriadas;
- Identificar os benefícios e prejuízos do projeto, bem como sua aceitabilidade pela comunidade;
- Identificar problemas críticos que requerem estudos ou monitoramento posteriores (auxiliando, dessa forma, nos procedimentos de monitoramento da recuperação ambiental);
- Examinar e selecionar alternativas ótimas para várias opções viáveis (evita o surgimento de novas áreas degradadas);
- Envolver o público no processo de tomada de decisões relativas às questões ambientais, para entender seu papel, suas responsabilidades e as relações existentes entre estas.

Cabe considerar, que a execução de uma AIA segue, de maneira geral, as seguintes etapas:

- Desenvolvimento de um completo entendimento da ação proposta;
- Aquisição do conhecimento técnico do ambiente a ser afetado;
- Determinação dos possíveis impactos sobre as características ambientais,

- quantificando, quando possível, as mudanças; e
- Apresentação dos resultados da análise de maneira tal que a ação proposta possa ser utilizada em um processo de decisão.

6. Principais etapas para o sucesso da recuperação de áreas degradadas

Inicialmente, breves comentários sobre **LICENCIAMENTO AMBIENTAL (EIA/RIMA, RCA/PCA, AAF)**:

LICENCIAMENTO AMBIENTAL:

Licenciamento ambiental é o procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, que pode ser federal, estadual ou municipal, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, ou que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental.

O licenciamento é um dos instrumentos de gestão ambiental estabelecido pela **lei Federal n.º 6938, de 31/08/81**, também conhecida como **LEI DA POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**.

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA:

É um documento de natureza técnica, que tem como finalidade demonstrar a viabilidade ambiental e avaliar os impactos ambientais gerados por atividades e/ou empreendimentos potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental. Deverá contemplar a proposição de medidas mitigadoras e de controle ambiental, garantindo assim o uso sustentável dos recursos naturais. Foi instituído pela Resolução CONAMA 01/86, sendo solicitado durante a Licença Prévia.

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA:

Deve refletir as conclusões do EIA, e deve ser apresentado de forma objetiva e de fácil compreensão. As informações devem ser apresentadas em linguagem acessível, acompanhadas de mapas, tabelas e gráficos de modo a que as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implantação, fiquem evidenciadas.

RELATÓRIO DE CONTROLE AMBIENTAL – RCA:

É o documento exigido em caso de dispensa do EIA/Rima ou durante a Licença de Instalação. É por meio do RCA que o empreendedor identifica as não conformidades efetivas ou potenciais decorrentes da instalação e da operação do empreendimento para o qual está sendo requerida a licença.

PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL – PCA:

É o documento por meio do qual o empreendedor apresenta os planos e projetos capazes de prevenir e/ou controlar os impactos ambientais decorrentes da instalação e da operação do empreendimento para o qual está sendo requerida a licença, bem como para corrigir as não conformidades identificadas. O PCA é sempre necessário, independente da exigência ou não de EIA/Rima, sendo solicitado durante a Licença de Instalação.

AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL DE FUNCIONAMENTO - AAF:

É obrigatória para as empresas que se enquadram nas classes 1 e 2, por serem menores no tamanho e no nível de poluição. A classificação dos empreendimentos é definida pelo Conselho Estadual de Política Ambiental através da Deliberação Normativa nº 74. Ela classifica, detalhadamente, as diversas atividades.

Mesmo com a geração de conhecimentos e informações nas últimas décadas, com o crescimento da legislação e fiscalização pelos órgãos ambientais, das campanhas de educação e gestão ambiental, a perpetuação dos casos de degradação persiste, principalmente, em face da priorização que o homem destina aos benefícios imediatos de suas ações, privilegiando os lucros e o crescimento econômico a custos elevados e relegando, como fosse uma questão secundária, a capacidade de recuperação dos ecossistemas.

Assim, para Coelho (2001), os impactos ambientais são temporais e espaciais, incidindo de forma diferenciada em cada ecossistema, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço. Para Bernardes e Ferreira (2003), dentro dos atuais modelos de produção que exploram os recursos naturais, afetam diretamente o meio ambiente, muitas vezes sofrendo impactos negativos irreversíveis ou de difícil recuperação. De fato, para a melhor compreensão de impactos ambientais como processo, é necessário que seja compreendida a história sistêmica de sua produção, o modelo de desenvolvimento adotado e os padrões internos de diferenciação social.

Ao que tudo indica, existe uma correlação negativa entre a taxa de crescimento de uma população humana e a sua qualidade de vida. Dessa forma, as questões macroeconômicas de distribuição de riqueza, recursos e tecnologia, devem caminhar como prioridade no plano das preocupações mundiais. Dentro desse contexto, em praticamente todas as partes do mundo, surgiu a preocupação de promover mudança de comportamento do homem em relação à natureza, a fim de harmonizar interesses econômicos e conservacionistas, com reflexos positivos junto à qualidade de vida de todos (MILANO, 1990, *apud* SILVA, 1998).

Inicia-se, nos anos da década de 1960, um movimento internacional que se contrapõe a essa situação, evidenciando um início de preocupação com as questões ambientais. Por força de movimentos ambientalistas, em 1969, nos Estados Unidos, o Congresso americano editou a “National Environmental Policy Act” - NEPA, uma Lei de Política Ambiental aprovada em janeiro de 1970, donde surgiu a avaliação de impactos ambientais (AIA). Esta lei foi criada em face à necessidade de se adequar novos métodos de avaliação de projetos que considerassem, além dos custos e benefícios sociais, a proteção ao meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais (ANDREAZZI; MILWARD-DE-ANDRADE, 1990; SILVA, 1998).

Segundo Lima (1997), os anos da década de 1970, figuram como um marco de emergência de questionamentos e manifestações ecológicas, em nível mundial. Nesse período, a sociedade, as instituições e os governos, passam a defender a inclusão dos problemas ambientais na agenda do desenvolvimento das nações e das relações internacionais como um todo. Tais preocupações “refletem a percepção de um conflito crescente entre a expansão do modelo de crescimento econômico, de base industrial, e o volume de efeitos desagregadores sobre os ecossistemas naturais”. O conjunto de impactos ambientais, até então percebidos como resíduos inofensivos do progresso e da expansão capitalista passam a assumir uma nova dimensão: a despertar atenção, interesse e novas leituras.

Dessa forma, a avaliação de impactos ambientais, etapa fundamental para o sucesso da recuperação de áreas degradadas, dada a relevância do fator antrópico como causador de degradação, deve considerar e avaliar os aspectos socioeconômicos e culturais, além dos aspectos biológicos, envolvidos e afetados por esses processos, em face à sua indivisibilidade.

A avaliação ambiental objetiva, essencialmente, fundamentar e otimizar processos decisórios envolvendo atividades transformadoras, antrópicas ou não (TAUK; GOBBI; FOWLER, 1995). Quando se fala em avaliação, automaticamente pensa-se em um direcionamento para que se atribua um valor numérico tendo como referência um modelo padrão. No entanto, a avaliação relacionada a fatores ambientais está fundamentada no que certas atividades econômicas podem estar promovendo, como alterações positivas ou negativas para o meio ambiente.

Neste sentido é fundamental que saiba avaliar se é mais importante implantar esta atividade que promoverá alteração ambiental, ou não realizá-la e optar pela permanência do ambiente saudável, evitando soluções onerosas para esses problemas que surgiriam. Em áreas em produção, como pastagens e cafezais, implantados em locais onde deveriam ser APPs, e mal manejados, existem novas opções de condução e recuperação!

Segundo Moreira (1985), a avaliação de impactos ambientais (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, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles devidamente considerados.

Isto significa conhecer os componentes ambientais e suas interações, caracterizando, assim, a situação ambiental dessas áreas antes da implantação do projeto. O mais importante, é que estes resultados servirão de base à execução das demais atividades (CUNHA e GUERRA, 1999). Convém ressaltar, que nas definições de AIA, algumas dão ênfase aos componentes políticos e de gestão ambiental.

Para Biswas e Gepeng (1987), dentre os objetivos da AIA, podem ser destacados:

- Identificar os problemas ambientais adversos que podem ser esperados;
- Incorporar, nas ações de desenvolvimento, medidas mitigadoras apropriadas;
- Identificar os benefícios e prejuízos do projeto, bem como sua aceitabilidade pela comunidade;
- Identificar problemas críticos que requerem estudos ou monitoramento posteriores (auxiliando, dessa forma, nos procedimentos de monitoramento da recuperação ambiental);
- Examinar e selecionar alternativas ótimas para várias opções viáveis (evita o surgimento de novas áreas degradadas);
- Envolver o público no processo de tomada de decisões relativas às questões ambientais, para entender seu papel, suas responsabilidades e as relações existentes entre estas.

A execução de uma AIA segue, de acordo com Cunha e Guerra (1999), e Souza (2004; 2018), de maneira geral, as seguintes etapas:

- Desenvolvimento de um completo entendimento da ação proposta;
- Aquisição do conhecimento técnico do ambiente a ser afetado;
- Determinação dos possíveis impactos sobre as características ambientais, quantificando, quando possível, as mudanças; e

- Apresentação dos resultados da análise de maneira tal que a ação proposta possa ser utilizada em um processo de decisão.

O fato é que o sucesso dos procedimentos de recuperação, para que, além de atender aos aspectos ambientais e legais, também proporcionem vantagens socioeconômicas, dependerá da realização de diversos procedimentos e a obediência a diversas etapas.

A Resolução n. 001/86 do CONAMA definiu os tipos de empreendimentos sujeitos à AIA e o conteúdo mínimo do EIA e do RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) necessário ao licenciamento das atividades consideradas impactantes. Dessa forma, estabeleceu quatro atividades técnicas a serem abordadas nos EIAs (MOREIRA, 1985; MACHADO, 1987; SOUZA, 2004; 2018):

- Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto (meios físico, biótico e antrópico);
- Análise dos impactos ambientais do projeto, contemplando as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese da não execução do projeto;
- Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos ou potencializadoras dos impactos positivos, avaliando a eficiência de cada uma delas; e
- A elaboração de programas de acompanhamento e de monitoramento de impactos positivos e negativos, incluindo os parâmetros a serem considerados.

Inicialmente, deve ser feita uma avaliação do RIMA e, ou do PRAD, para que possam ser revistos os objetivos iniciais.

Verifica-se a necessidade de alterações resultantes das atividades produtivas e da própria evolução da pesquisa durante o período de exploração. Devem ser respeitados as exigências legais e orientar-se pelas mudanças propostas necessárias identificadas por esses dois documentos: essa fase pode ser considerada o pré-planejamento, posto ser nela que serão preparados os planos de recuperação.

Nele, deve conter uma orientação, passo a passo, para os procedimentos que serão empregados para recuperar as áreas degradadas por uma dada atividade, devendo obedecer as seguintes e principais etapas, que deverão ser realizadas de forma cronológica (IBAMA, 1990; HARRIS; BIRCH; PALMER, 1996; TOY e DANIELS, 1998; SOUZA, 2004):

6.1. Etapas/procedimentos para um projeto de recuperação de áreas degradadas

Para o sucesso dos procedimentos de RAD, várias etapas precisam ser respeitadas. A não observância a essas etapas resultarão em problemas que poderão colocar em risco o resultado final e a sustentabilidade do empreendimento; ou mesmo desencadear uma série de impactos ambientais que poderão agravar a situação pré-existente. Assim, a primeira etapa deve considerar o objetivo, a escala e a abrangência da área que sofrerão as intervenções.

6.1.1. Objetivo, escala e abrangência

De acordo com Martins (2009), antes do início da elaboração de um projeto de recuperação de uma determinada área degradada, a primeira etapa consiste em definir qual é o **OBJETIVO** que se pretende para o referido local. Uma área degradada pela atividade de cafeicultura, por exemplo, caso seja utilizada para o replantio dessa mesma cultura, seguirá determinados procedimentos (Capítulo III); caso seja utilizada,

por exemplo, para a implantação da atividade de aquicultura, seguirá roteiro semelhante (Capítulo II), mas não o mesmo.

Outra questão fundamental, definido o objetivo, será determinar a **ESCALA** do projeto. Muitos projetos fracassam pela não observação a essa questão. Todas as etapas que se seguirão tem um custo. De nada adiantaria iniciar um projeto e não terminá-lo: todo o investimento será perdido e a área permanecerá degradada.

Dependendo do objetivo e da escala do projeto, há de se considerar a sua **ABRANGÊNCIA** (MARTINS, 2009): se algo apenas pontual, como uma pequena represa para a atividade de aquicultura ou uma pequena área destinada à atividade de cafeicultura, os procedimentos serão mais simples, mas não menos importantes. Contudo, se envolver uma escala média, como toda uma pequena propriedade rural (adequação ambiental); ou uma escala ampla, como uma microbacia hidrográfica ou mesmo um projeto como o de RAD da bacia do rio Doce, pela Fundação Renova, necessitam de uma visão global – holística e sistêmica.

Dessa forma, serão avaliados os possíveis cenários que poderão ser estabelecidos: há de se elaborarem os **cenários pré e pós-degradação**. Então, será necessária a realização dos **Estudos de Impactos Ambientais (EIA)**, onde se descreverá o **Diagnóstico Ambiental** e se proporá o **Zoneamento Ambiental** da área.

Dessa forma, serão identificadas e delimitadas as características e situações ambientais (Figura 21), considerando atributos selecionados, como sugerem Martins (2009) e Souza (2018): estado de degradação, tipo de solo, vegetação remanescente, características do entorno da área a ser recuperada, matriz vegetacional onde estão inseridos, forma e tamanho da microbacia hidrográfica, entre outros. Tais procedimentos visam reduzir os custos do projeto e aumentar sua eficiência em termos ecológicos.



Figura 21. Construção de açudes visando a recarga de aquíferos no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba.

Durante o processo de elaboração do EIA e na fase de levantamento e planejamento das técnicas e dos procedimentos de recuperação de áreas degradadas a serem utilizados, quanto maior for a abrangência do projeto, maiores serão as chances de se obter sucesso em tais procedimentos. Para isso, alguns passos, necessariamente,

devem ser observados (MACHADO, 1987; SILVA, 1998; SOUZA, 2004; SOUZA, 2018).

6.1.2. Caracterização do local

As propriedades físicas e químicas da área do distúrbio, dentro de um particular cenário ambiental, influenciam significativamente o planejamento e a prática de recuperação propriamente dita, podendo significar o sucesso dos procedimentos.

A caracterização do local, fundamental para a elaboração do diagnóstico ambiental, usualmente, inclui análises das condições climáticas, das condições geológicas, da topografia, dos solos, da vegetação e da hidrologia. Sabe-se que o sistema ambiental possui funções abertas e inter-relacionadas entre seus componentes. Desta forma, mudanças nas características destes locais, podem ter ramificações ao longo do tempo.

É necessária uma abordagem segmentada de cada um dos principais fatores envolvidos, analisando as áreas de influência direta e indiretamente afetadas. Deverá conter:

Informações gerais:

Nome do empreendimento; identificação da empresa responsável; histórico do empreendimento; tipo de atividade e porte do empreendimento; síntese dos objetivos do empreendimento, sua justificativa e a análise de custo-benefício; levantamento da legislação federal, estadual e municipal incidente sobre o empreendimento em qualquer de suas fases; entre outros;

Descrição do empreendimento:

Apresentar a descrição do empreendimento nas fases de planejamento, de implantação, de operação e, se for o caso, de desativação;

Área de influência:

Apresentar os limites da área geográfica a ser afetada direta ou indiretamente pelos impactos, denominada área de influência do projeto;

Fatores ambientais:

Deve ser feita a caracterização dos meios físico, biótico e socioeconômico;

Qualidade ambiental:

Em um quadro sintético, expor as interações dos fatores ambientais físicos, biológicos e socioeconômicos;

Análise dos impactos ambientais:

Apresentação da análise (identificação, valoração e interpretação) dos prováveis impactos ambientais nas fases de planejamento, de implantação, de operação e, se for o caso, de desativação do empreendimento;

Proposição de medidas mitigadoras:

Explicitar as medidas que visam minimizar os impactos adversos identificados e quantificados no item anterior, devendo ser classificados quanto:

- À sua natureza - preventiva ou corretiva (se uma área de APP, por exemplo, deverá ser isolada, preventivamente; ou recuperada, caso esteja sendo usada e, ou, degradada);
- À fase do empreendimento que deverá ser adotada - planejamento, implantação, operação, desativação e para o caso de acidentes;
- Ao fator ambiental a que se destina - físico biótico ou socioeconômico;
- Ao prazo de permanência de sua aplicação - curto, médio ou longo;
- À responsabilidade por sua implementação - empreendedor, poder público ou outros; e
- À avaliação de custos das medidas mitigadoras.

Programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais:

Deverão ser apresentados os programas de acompanhamento da evolução dos impactos ambientais positivos e negativos causados pelo empreendimento, considerando-se as fases de planejamento, de implantação, de operação e de desativação, se for o caso, e de acidentes;

Detalhamento dos fatores ambientais:

O grau de detalhamento em cada EIA, dependerá da natureza do empreendimento, da relevância dos fatores em face de sua localização e dos critérios adotados pela equipe responsável pela elaboração do Estudo:

a) Meio físico:

- 1) clima e condições meteorológicas; precipitação total média; delimitação do período seco e chuvoso; entre outros;
- 2) qualidade do ar;
- 3) ruído;
- 4) geologia;
- 5) geomorfologia;
- 6) solos;
- 7) recursos hídricos;
- 8) hidrogeologia; e
- 9) qualidade das águas.

b) Meio biótico:

- 1) flora e vegetação; e
- 2) fauna.

c) Meio socioeconômico, caracterizar:

- 1) a dinâmica populacional;
- 2) uso e ocupação do solo;
- 3) uso da água;
- 4) patrimônio natural e cultural;
- 5) nível de vida;
- 6) estrutura produtiva e de serviços; e
- 7) organização social.

O EIA pode ser considerado como uma ferramenta de planejamento que auxilia o executor, inclusive os responsáveis por projetos de recuperação ambiental, na antecipação dos impactos das atividades das alternativas de desenvolvimento, ambas benéficas ou adversas. Fornece uma visão para selecionar a alternativa ótima na qual potencialize os efeitos benéficos e mitigue os impactos adversos ao ambiente (BISWAS e GEPING, 1987).

Porém, para que se torne efetivamente um instrumento de auxílio à tomada de decisão, precisa estar inserido de forma articulada ao processo de planejamento, em todos os sentidos: a) horizontalmente, articulada às esferas política, tecnológica e econômica; e b) verticalmente, associada às diferentes etapas do processo de planejamento, devendo ser efetuada antes do início de um empreendimento, paralelamente à avaliação técnico-econômica (MAGRINI, 1989).

De acordo com Bitar; Fornasari Filho; Consoni (1996), a realização de EIAs no Brasil tem acumulado ao longo dos anos vários problemas relacionados à abordagem do meio físico, tais como:

- a) predomínio de abordagens na caracterização do meio físico;
- b) escassez de dados obtidos em levantamentos ou inspeções de campo;
- c) inadequação entre a dimensão das obras propostas e as escalas das cartas do meio físico apresentadas;
- d) cartas do meio físico desprovidas de conteúdos representativos da dinâmica atuante;
- e) ausência de identificação de importantes impactos decorrentes de modificações impostas ao meio físico; e
- f) ausência de indicadores do meio físico.

6.1.3. Planejamento da recuperação

Para que os objetivos sejam atingidos com sucesso, a condição ideal exige que as estratégias de recuperação sejam finalizadas antes da perturbação do solo, considerando-se, principalmente:

- As prováveis e possíveis consequências da perturbação;
- O projeto de gerenciamento de regras que facilitem a recuperação; e
- A avaliação de alternativas de práticas de recuperação, para suprir eventualidades.

Ou seja, devem ser traçadas as consequências, as metas de recuperação (inclusive a definição do uso futuro) e conhecidos os requisitos legais. Em áreas já degradadas, como áreas de cafeicultura, aquicultura e ecossistemas aquáticos (nascentes e vegetação ciliar), só resta a adequação ambiental e a realização dos procedimentos de recuperação.

6.1.4. Administração do material

Todos os custos devem ser analisados com a devida antecedência, visando a economia de recursos e riscos ambientais provenientes da interrupção dos procedimentos de recuperação. Devem ser detectados para cada tipo de procedimento de recuperação, que irão variar de acordo com a atividade e o estágio em que se encontram os processos de degradação. No caso da mineração, por exemplo, que é um dos casos mais complexos de recuperação, deve ser observado os seguintes procedimentos:

- a) a caracterização dos estéreis, tanto para possível uso durante o processo de revegetação, como para se avaliar a qualidade da água;
- b) a alcalinidade ou a acidez provenientes da camada de estéril;
- c) nutrientes extraíveis;
- d) as propriedades físicas e litológicas dos estéreis;
- e) o plano de fechamento da mina;

- f) o isolamento de materiais tóxicos, de metais pesados e a concentração de sais, que caso seja alta, resulta em elevada condutividade elétrica do sistema;
- g) a composição e a formulação do “topsoil” substituto; e análise de custos do manuseio do material.

6.1.5. Retirada do “topsoil” ou provisão de um apropriado que o substitua

Esse procedimento é obrigatório em áreas que serão mineradas. Quanto melhor for a qualidade do “topsoil”, mais rápido será o crescimento da vegetação utilizada no processo de revegetação, evitando inclusive, a origem de processos erosivos e diminuindo os impactos ambientais. Durante esse procedimento, deve-se minimizar a área decaçada, removendo apenas o necessário. Essa atitude ajuda a reduzir os custos requeridos à recuperação. É aconselhável que possua pelo menos 25 cm e recebam calagem e adubação, durante a sua recolocação.

6.1.6. Recomposição topográfica e paisagística

Refere-se ao preparo do relevo para receber a vegetação, objetivando uma forma estável e adequada para o futuro uso do solo. A maioria das paisagens naturais é formada por bacias hidrográficas, compostas de encostas e linhas de fluxos, arranjadas de forma espacial, para que de uma forma eficaz, transportem água e sedimentos. A perturbação do solo rompe esse equilíbrio dinâmico, causando disparidades entre forças e resistências, acelerando as taxas dos processos erosivos (Figura 22).



Figura 22. Retroescavadeira realizando escarificação e recomposição topográfica.
Fonte: Arquivo pessoal (propriedade do Professor José Francisco Lopes).

A reconstrução topográfica deve recriar uma situação que permita um relativo equilíbrio, entre os processos e as pedopaisagens, entre forças e resistências. Devem ser observadas:

- As exigências legais;
- A declividade dos taludes (o ideal seria que o terreno ficasse plano ou com pouca declividade) de tal forma que reduzam os riscos de erosão e proporcionem a estabilidade do solo e dos taludes.

Em terrenos com declividade superior a 20%, devem ser construídos terraços de base larga ou estreita. Em áreas muito degradadas, como as mineradas, as bancadas (fatia horizontal que se lavra em uma mina, caracterizada por uma berma e um talude), com uma leve inclinação para dentro, ou seja, da crista do talude inferior para a base do talude superior.

Ao longo da berma da bancada, em seu sentido longitudinal, a declividade não deve ultrapassar 2%, sendo necessário o seu direcionamento até atingir os canais de drenagem que conduzam as águas resultantes do escoamento superficial até a base do talude, sendo reconectadas ao sistema regional de drenagem.

Em solos argilosos e pouco erodíveis, têm sido possível remoldar a superfície de taludes com até 40% de declividade, sem a construção de bancadas, observando:

- A dinâmica das linhas de fluxo, considerando suas formas e dimensões;
- A reconstrução da bacia hidrográfica (na medida do possível, devem ser pequenas em área e suaves no relevo);
- O uso futuro previamente definido (caso seja para a manutenção da vida selvagem, construir murundus (até 1 a 2 m de altura) e algumas depressões pequenas, suaves e rasas, durante a obra de terraplenagem, visando a acumulação de água: tais elementos contribuem para a atração de animais);
- O tipo de equipamentos a serem empregados; e
- Os aspectos paisagísticos e estéticos, que deverão preservar as paisagens de destaque, como parques e reservas. Também, manter alguma similaridade com o relevo anterior, podendo, inclusive, melhorar e complementar a paisagem com o remanejamento do relevo e a introdução de novas plantas e espécies arbóreas.

6.1.7. Manipulação do solo de superfície

É realizado após a reconstrução topográfica e a recolocação do “topsoil”, processo denominado preenchimento, que resulta na inversão de horizontes.

Devido ao grande número de inter-relações existentes entre as características do substrato remanescente, do solo recém-constituído e o processo de revegetação, que é a meta a ser alcançada e o principal objetivo da recuperação, é necessário que se conheça profundamente o material existente na área que será recuperada.

Geralmente, ocorre a compactação do substrato, particularmente, pelo uso intenso de máquinas pesadas durante o aplainamento da superfície, sendo necessária a escarificação ou subsolagem do substrato previamente ao plantio.

A espessura do “topsoil” deve ser definida de acordo com o volume disponível para determinada área, devendo ser regular e disposta de tal forma que cubra toda a superfície, obedecendo a conformação topográfica. A superfície recuperada deve ser modificada de forma a facilitar o gerenciamento das águas e o controle da erosão.

Deverá haver cuidados suficientes de tal forma a evitar a contaminação do lençol d'água, particularmente quando os estêreis ou rejeitos contiverem substâncias que possam comprometer a qualidade da água. Nesses casos, sempre que possível, depositar uma camada de argila sobre os componentes contaminantes de tal forma a

isolá-los da camada fértil do solo, evitando a contaminação ambiental. A argila pode ser usada, também, sobre outros tipos de estéreis mais pobres para favorecer a revegetação.

6.1.8. Correção do solo

Podem ser usadas várias combinações de calcário, gesso, fertilizantes inorgânicos e materiais orgânicos (Figura 23).

A aplicação da correção depende de cinco fatores: 1) das propriedades físicas e químicas do solo; 2) do regime climático local; 3) da topografia e acessibilidade do local; 4) do tipo vegetativo a ser restabelecido e o uso do solo pós-recuperação; e 5) da conformidade com as regulações exigidas.

Deve ser feito o controle do pH do solo e aplicação de fertilizantes. Dadas essas condições iniciais e sendo adequadas com relação aos nutrientes, a produtividade em longo prazo do sistema solo-planta, dependerá de dois processos importantes: 1) acumulação de matéria orgânica e de nitrogênio; e 2) estabelecimento de um depósito de P orgânico, para que possa ocorrer uma mínima absorção de P pelas plantas (SOUZA, 2018).

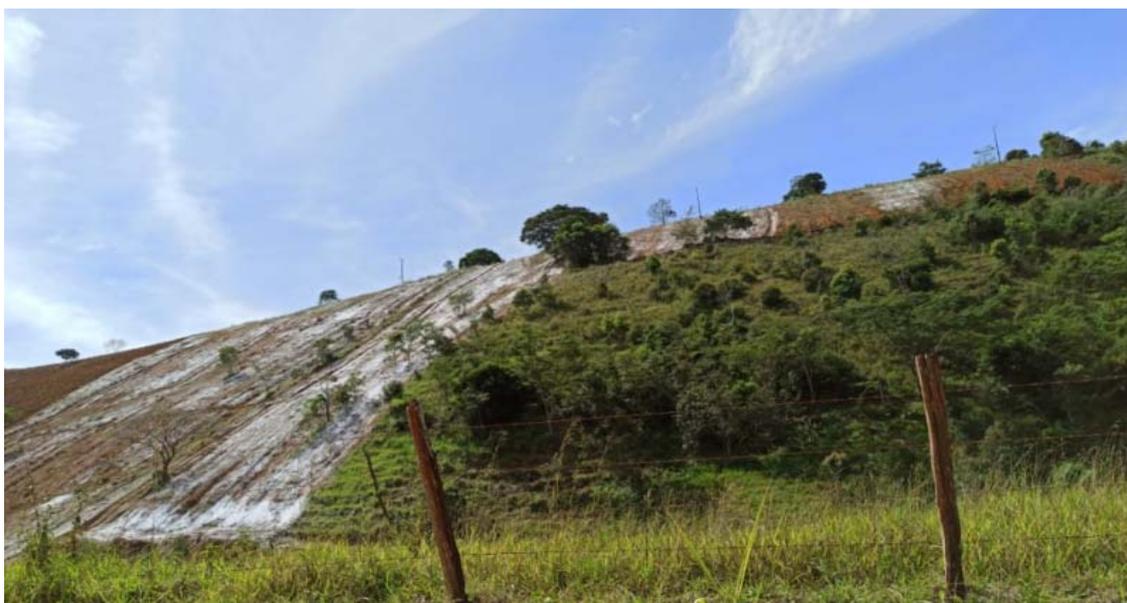


Figura 23. Área recebendo calcário para futuro plantio de lavoura de café
Fonte: Arquivo pessoal (Foto de Romário Serafini).

6.1.9. Revegetação

É a meta principal da recuperação, resultando em benefícios secundários desejáveis, estéticos e na qualidade da água. As metas de revegetação variam do simples controle de erosão, até a complexa restauração de comunidades nativas. As abordagens e métodos empregados devem ser específicos para cada região, local e uso futuro do solo (Figuras 24 e 25).



Figuras 24 e 25. Área revegetada em 2005 e 11 anos depois: IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba.

São os seguintes princípios básicos para o sucesso da revegetação (SOUZA, 2004; 2018):

- 1) seleção de materiais e plantas - deve ser feito um levantamento florístico ou fitossociológico e, as espécies nativas adaptadas devem ser as preferidas, devendo lembrar que solos com distúrbios são muito diferentes de solos em condições naturais. Dessa forma, espécies exóticas podem ser mais bem sucedidas que espécies nativas, particularmente quando as condições do solo resultam de situação de distúrbio. O banco de semente de espécies nativas, contidas no “topsoil” ou na camada de “litter”, apresenta ganhos diretos e são utilizados para prover o material localmente adaptado para as plantas;
- 2) preparação das sementeiras;
- 3) observar as técnicas de semeadura de acordo com as espécies; e
- 4) utilização de cobertura morta (“mulching”).

De acordo com GRIFFITH (2002), apesar dos avanços das pesquisas nessa área, em função da diversidade florística e das variações edafoclimáticas, ainda falta muito para aprender sobre a dinâmica ecológica.

6.1.10. Irrigação (caso necessário)

Em locais que apresentam condições climáticas irregulares, deve ser incluído o procedimento de irrigação durante o estabelecimento das mudas. Entretanto, considerando a dificuldade de se realizar tal prática, recomenda-se o uso de “hidrogel” (Gel Retentor de Água ou Solo Gel) - é um polímero com alta capacidade de retenção de água, podendo reter centenas de vezes seu próprio peso. Age como uma reserva de água para as plantas, tornando-a disponível de acordo com a necessidade, reduzindo o *stress* hídrico, os efeitos da estiagem e a mortalidade de plantas.

Uma opção é utilizar composto e, ou, adubo orgânico nas covas para aumentar a retenção de água na região das raízes das mudas recém-plantadas. Também, uso de *mulching* preto/branco, com dupla função: reduzir a competição com plantas espontâneas e retenção da umidade – melhor ainda quando é coberto com vegetação seca das proximidades (Figuras 26 e 27).



Figura 26. Área revegetada: uso de mulching (lona preta) coberta com vegetação seca.



Figura 27. Área revegetada com o uso de *mulching* (lona preta) coberta com vegetação seca: quinze dias após o plantio.

6.1.11. Monitoramento e manutenção

O gerenciamento do solo, depois dos procedimentos de recuperação, inclui monitoramento local e manutenção, quando serão avaliados os recém-construídos sistemas ambientais e sua integração com a circunvizinhança. Devem ser usados

indicadores e informações do banco de dados. Merecem atenção especial (SOUZA, 2004; 2018):

- 1) a quantidade, a qualidade e o controle da água de superfície e de subsuperfície;
- 2) a quantidade e a qualidade da cobertura vegetal, ou seja, o volume de biomassa e a diversidade, sendo necessário em alguns casos refazer a semeadura ou o plantio;
- 3) as taxas de processos geomorfológicos, como movimento de massas e erosão. Caso necessário, realizar a manutenção dos terraços em camalhões, taludes de bancadas e das obras de drenagem;
- 4) observar sintomas de deficiência nutricional (realizar adubação de cobertura) ou toxidez pelo excesso de algum elemento;
- 5) diagnosticar e realizar o controle de pragas – formigas, prioritária e obrigatoriamente, devem ser controladas; e doenças;
- 6) não permitir pastoreio nos dois primeiros anos para favorecer a sementação para germinação natural no ano seguinte;
- 7) realizar o coroamento das espécies arbóreas;
- 8) realizar incorporação de vegetação morta ou outras matérias orgânicas para promover a melhoria na estrutura do solo; e
- 9) manejar adequadamente a predominância das espécies desejadas.

Embora a maior parte das pesquisas e resultados seja baseada em experiências com solos de mineração de superfície, os princípios são aplicados para outros tipos de perturbações de solos, tais como pedreiras, lavra de rochas ornamentais, mineração de metal, estrada, industrial e construção urbana/residencial. Áreas agropecuárias e florestais degradadas pelo uso intensivo de agroquímicos, também podem adotar procedimentos semelhantes.

Por outro lado, áreas que serão destinadas à Reserva Legal (RL), APP (áreas de preservação permanente), tais como nascentes e vegetação ciliar dos ecossistemas aquáticos, implantação de SAFs (Sistemas agroflorestais) e sistemas ILPF (integração lavoura-pecuária-floresta), podem seguir apenas parte dessas etapas, desde que as condições locais não possuam graves riscos ambientais e, ou, elevados níveis de contaminação/poluição.

7. Considerações finais

Os procedimentos de recuperação ambiental devem ter por objetivo auxiliar o desenvolvimento sustentável. Para atingi-lo, a busca deve ser no sentido de propostas alternativas sistêmicas e sinérgicas, tendo como modelo os próprios ecossistemas naturais e com o envolvimento de toda a sociedade.

Infelizmente, existem gargalos que têm dificultado os procedimentos de recuperação ambiental, tais como: a) a indefinição de políticas públicas; e b) a falta de ações concretas por parte 1) das organizações de pesquisa e ensino, exigindo novas diretrizes com profundas transformações estruturais; e 2) dos órgãos legisladores, regulamentadores, certificadores e fiscalizadores, exigindo do setor produtivo o cumprimento da legislação. Este último, demonstrando excessiva cautela em situações onde a punição deveria ser mais imediata e rigorosa.

A pesquisa evoluiu significativamente em todo o mundo. Porém, no Brasil, faltam recursos, parcerias com a indústria e um maior intercâmbio entre as diversas instituições de pesquisa. Essa tomada de decisão reduziria os custos e aceleraria os resultados dos procedimentos de recuperação ambiental, criando situações de maior

dinamismo e cooperação, posto o caráter multidisciplinar que essa ciência possui e exige.

Nos procedimentos de recuperação propriamente ditos, observados todos os requisitos ambientais, sociais, legais e técnicos, o planejamento cuidadoso, a manipulação dos materiais, a reconstrução topográfica e a seleção das espécies para a revegetação, representam a chave para o sucesso. Raramente é possível projetar tais estratégias, para que sejam efetivas e duradouras, sem um profundo conhecimento de trabalhos relativos à perturbação de solo/água e práticas responsáveis pelos impactos ambientais que exigem recuperação.

Em função dessa realidade, é necessário para gerentes de recuperação, interagir e entender as perspectivas diversas de engenheiros, geólogos, cientistas de solo, hidrologistas, biólogos e outros profissionais das disciplinas relacionadas, como aquelas anteriormente citadas. Também, estratégias de recuperação devem ser financeiramente viáveis e claramente comunicadas aos proprietários da área e ao órgão responsável pelo controle e fiscalização.

A recuperação de locais com distúrbios envolve uma variedade de práticas de manejo de curto e longo prazo, normalmente projetadas antes da perturbação, para minimizar os impactos adversos e maximizar o potencial produtivo futuro do local. Porém, é importante perceber, que alguns efeitos de curto prazo, como aumento do escoamento superficial, produção de sedimentos e deslocamento da vida selvagem, são inevitáveis em atividades perturbadoras de solo.

Assim, embora o enfoque das metas de recuperação ou reconstrução da pedopaisagem seja de longo prazo, todo impacto hidrológico, estratégias de revegetação e recuperação após o uso do solo, deve-se estabelecer um programa ativo de mitigação dos impactos temporários, devendo ser incluído em planos contingenciais de operações diárias.

Finalmente, o local recuperado deverá fundir-se amplamente com a paisagem da qual será uma parte funcional. A paisagem circundante provê áreas de referência para pesquisa comparativa. Frequentemente, é possível utilizar o processo de recuperação para produzir pedopaisagens mais produtivas àquelas originalmente ocupadas no local. Isto é nitidamente possível, quando o pré-distúrbio da paisagem foi previamente degradada por erosão de solo, movimentos de massa ou antigo local de pastagem ou mineração.

Posteriormente, para que o sucesso e o equilíbrio da área recuperada sejam alcançados e conservados, dependerá, em grande parte, da maneira como o solo será utilizado e manejado. Práticas conservacionistas e manejo terão grande influência sobre processos erosivos que influenciarão na produtividade dessas áreas.

Por esse motivo, para uma exploração racional, a área recuperada deverá ser utilizada de acordo com a sua capacidade de uso. Na ocorrência de excessos, que ultrapassem o limite de sua capacidade de suporte, haverá riscos de deterioração. Isso é importante no caso de áreas recuperadas, particularmente com referência a uma questão que nem sempre tem sido abordada: o custo do "progresso".

Observando-se a História, particularmente a mais recente, aprende-se que apesar de ter havido crescimento econômico e um considerável avanço da ciência, em função das diversas condições de desequilíbrio que interferiram significativamente sobre as condições ambientais, na maioria das vezes situações criadas pelo próprio progresso, não houve uma melhoria equitativa na qualidade de vida que o justifique.

Ao mesmo tempo, diante do contínuo crescimento populacional, exigindo um aumento proporcional na demanda por alimentos e na geração de empregos e renda, é necessário que sejam tomadas medidas imediatas para alteração dos modelos de produção e de desenvolvimento. Mesmo tendo havido significativos avanços em recuperação ambiental, é necessário poupar os recursos naturais imprescindíveis ao desenvolvimento socioeconômico, visando uma concreta melhoria na qualidade de vida atual e que crie condições de sustentabilidade para as futuras gerações. Esse é o grande desafio para que ocorra uma nova ordem ambiental, em todo o mundo: mais justa, saudável e equilibrada.

São fundamentais a adoção de sistemas de gestão ambiental pelas empresas e a educação ambiental da população. Deverão ocorrer com a incorporação de novos valores onde a ética e a moral sejam componentes integrantes desse novo modelo. Dessa forma, poderá evitar novos casos de degradação e manterem-se as áreas recuperadas. Para isso, faz-se necessário o acesso à informação e a criação de uma visão compartilhada com a sociedade. Somente dessa forma, os procedimentos de recuperação ambiental serão efetivamente duradouros, tornando-se possível o desenvolvimento sustentável.

Atualmente, a exploração agropecuária, florestal e industrial racional, é o desafio do século XXI. Para tanto, é necessário que sejam revistos os conceitos em termos de manejo e de utilização de práticas conservacionistas. Deve-se adotar uma educação ambiental crítica voltada para a necessária transformação da sociedade, para que esse cenário possa ser revertido na direção da sustentabilidade, baseada em novas condições que reordenarão os novos modelos de produção.

Nos Capítulos 2 e 3, serão apresentados dois Estudos de Caso que mostrarão propostas de atividades que sugerem que o crescimento econômico esteja associado ao desenvolvimento sustentável: a aquicultura e a cafeicultura.

8. Referencias

ANDREAZZI, M. A. R.; MILWARD-DE-ANDRADE, R. Impactos das grandes barragens na saúde da população - uma proposta de abordagem metodológica para a Amazônia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ESTUDOS AMBIENTAIS DE FLORESTAS TROPICAIS ÚMIDAS, 1990, Manaus. **Anais...** Rio de Janeiro: Biosfera, 1992. p.370-383.

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, 1990. p.1-24.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.17-42.

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

BISWAS, A. K.; GEPING, Q. Guidelines for environmental impact assessment in developing countries. In: BISWAS, A. K.; GEPING, Q. (Eds.) **Environmental impact assessment for development countries**. Londres: Tycooly International, 1987. p.191-232.

BITAR, O. Y.; FORNASARI FILHO, N.; CONSONI, A. J. A abordagem do meio físico em EIA através do estudo de processos: um método recomendado para empreendimentos em ambientes tropicais. **Avaliação de Impactos Ambientais**, v.1, n.2, p.35-45, 1996.

BLUM, W. E. H. Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Eds.). **Methods for assessment of soil degradation**. New York: CRC Press, 1998. p.1-16.

CARPANEZZI, A. A. *et al.* Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: observação em laboratórios naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990. Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p.216-221.

CASTELLS, M. **O poder da identidade**. São Paulo: Paz e Terra, v. 2, 1999. 141p.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. Importância do conhecimento de solos e nutrição de plantas para o Engenheiro Florestal. **Folha Florestal**, n. 101, p.21-23, 2002.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas - teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.19-45.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266p.

CUNHA, S. P. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.219-238.

CURTIA, W.; DYER, K.; WILLIAMS, G. **A Manual for training reclamation inspectors in the fundamentals of hydrology**. , Washington, D.C.: U. S. Dept. of Agriculture, Forest Serri, Northeastern Forest Experiment. Sta., Berea, Ky. U.S. Government Printing Office, 1994. 345p.

DIAS, L. E. **Caracterização de área degradada e fontes de degradação ambiental**. Notas de aula da disciplina Recuperação de Áreas Degradadas. Departamento de Solos. UFV, Viçosa, MG, 2003a. p.11-33.

DIAS, L. E. Recuperação de áreas degradadas. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2003, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2003b. p.225-268.

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: UFV, Departamento de solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.1-8.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. B.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Science Society of America. Madison: SSSA. 1994. 244p. (Special publication number 5).

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C. T.; JOHNSON, H. P.; BRAKENSIEK, D. L. (Eds.). **Hydrologic Modeling of Small Watersheds**. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 1982. p.297-382.

GRIFFITH, J. J. Informações pessoais. Professor do Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa: UFV, out. 2003.

GRIFFITH, J. J. Informações pessoais. Professor do Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa: UFV, fev. 2004.

GRIFFITH, J. J. **Recuperação ambiental: uma abordagem sistêmica.** Viçosa: UFV - Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa, 2002. (Apostila da disciplina ENF391 - Recuperação de Áreas Degradadas).

GRIFFITH, J. J. Recuperar áreas degradadas é zelar pelas futuras gerações. **Informe agropecuário**, v.22, n.210, p.1-2, 2001.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; MARCO JÚNIOR, P. A recuperação ambiental. **Rev. Ação Ambiental**, v.2, n. 10., p.8-11, 2000.

HARRIS, J. A.; BIRCH, P.; PALMER, J. P. **Land restoration and reclamation: principles and practice.** Addison Wesley: Longman, Essex, 1996. 230p.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação.** Brasília: IBAMA, 1990. 96p.

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **EIA – Estudo de Impacto Ambiental do Projeto de Implantação da Central de Tratamento de Resíduos – Terramar.** Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/EIA/2008/Terra_mar/5%20-%20Diagnostico%20Ambiental%20.pdf>. Acesso em: 25 out. 2020. 330 p.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, v.22, n.210, p.10-17, 2001.

KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; BARCIK, C. Recuperação de áreas degradadas: conceito, um exemplo e uma sugestão. **Bio.**, n.6, p.95-102, 1993.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Alemanha: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, 1990. 343p.

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 e renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental.** São Paulo: Cortez, 1997. p.433-468.

LIMA, G. F. C. O debate da sustentabilidade na sociedade insustentável. **Rev. Política & Trabalho**, PPGS/UFPB, n.13, p.4, 1997.

MACHADO, P. A. L. Regulamentação do estudo de impacto ambiental. **Rev. Inf. Leg.**, v.24, n.93, p.329-338, 1987.

MAGRINI, A. Avaliação de impactos ambientais e a região amazônica. In: **Impactos ambientais de investimentos na Amazônia: problemática e elementos de avaliação.** Manaus: Projeto BRA/87/021 - SUDAM/PNUD/BASA/SUFRAMA e Projeto BRA/87/040 - ELETRONORTE/PNUD, 1989. 53p (mimeografado).

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Aprenda Fácil, 2009. 270 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº 5**, de 8 de setembro de 2009. Disponível em: <<https://idaf.es.gov.br/Media/idaf/Documentos/Legisla%C3%A7%C3%A3o/DRNRE/IN%20MMA%20n%C2%BA%20003,%20de%2008%20de%20setembro%20de%202009.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2019.

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

NARDELLI, A. M. B.; NASCIMENTO, A. R. O planejamento na recuperação ambiental. **Rev. Ação Ambiental**, n.10, p.13-15, 2000.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

OLSON, K. R.; LAL, R.; NORTON, L. D. Evaluation of methods to study soil erosion-productivity relationships. **J. Soil Water Conservation**, v.49, n.6, p.586-590, 1994. Disponível em: <<https://www.jswnonline.org/content/49/6/586>>. Acesso em: 05 Jan. 2021.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1987. 549p.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. 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.163-176.

RESENDE, M. *et al.* **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT. 2002. 338p.

SÁNCHEZ, L. E. **Desengenharia**: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: USP, 2001. 256p.

SCHAEFER, C. E. *et al.* Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental. **Informe Agropecuário**, v.21, n.202, p.20-44, 2000.

SCHLEV, S.; LAUR, J. **Inovações em gerenciamento**. Wendell, MA, USA: Pegasus, 1998. 29p.

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, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. 1994a, 309f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, E. **Tópicos de manejo de fauna silvestre**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1993. 26p. (Apostila, n. 319).

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Novas Edições Acadêmicas/SIA *OmniScriptum Publishing*: Brivibas gatve 197, LV-1039, Riga, Letônia, União Europeia, 2018. 364p.

SOUZA, M. N. **Degradação e Recuperação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 371p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

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.

TAUK, S. M. T.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1995. 258p.

TAVARES, S. R. L. *et al.* **Curso de Recuperação de Áreas Degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.

TOY, T. J.; DANIELS, W. L. Reclamation of disturbed lands. In: MAYER, R.A. (Ed.). **Encyclopedia of environmental analysis and remediation**. New York: John Wiley, 1998. p.4078-4101.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control**. New York: John Wiley, 2002. 338p.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975. 464p.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C.; VIEIRA, M. N. S. **Solos: propriedade, classificação e manejo**. Brasília: MEC/ABEAS, 1988. 154p. (Programa Agricultura nos Trópicos, v. 2)

Autor

Maurício Novaes Souza*

Professor Dr. do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES.

* Autor de correspondência: mauricios.novaes@ifes.edu.br

CAPÍTULO 2

Aquicultura: Impactos ambientais negativos e a mitigação com práticas agroecológicas

Ronald Assis Fonseca, Mauricio Novaes Souza, Pedro Pierro Mendonça, Hilton Moura Neto, Credigar Gonçalves Moreira, José Carlos V. da Paschoa, Lucinea Carolina Horsth, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-6-9.c2>

Resumo

A aquicultura exerce um papel importante na economia mundial, na geração de emprego e na alimentação. Porém, não está restrita apenas aos aspectos sociais e econômicos: devem potencializar os aspectos ambientais. Devem ser considerados os fatores que envolvem a produção/criação de impactos e que podem contribuir com os desequilíbrios ambientais. Os impactos ambientais são alterações das propriedades químicas, físicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, alterem a saúde, a segurança e o bem-estar da população. Neste caso, a aquicultura, além de ser praticada com o uso direto dos recursos hídricos, gera aspectos que podem ocasionar impactos negativos para a qualidade ambiental. Este capítulo tem por objetivo apresentar os possíveis impactos causados pela aquicultura ao meio ambiente, bem como demonstrar as possibilidades do desenvolvimento da atividade de forma sustentável, por meio do planejamento e da adoção de medidas de controle, mitigação ou intensificação dos impactos oriundos da aquicultura, fundamentados em práticas de manejo e conservação de base agroecológica. Medicamentos utilizados, arraçoamento, uso de hormônios, fertilização dos viveiros, foram algumas das atividades identificadas na aquicultura capazes de causar impacto ao ambiente: porém, deve-se considerar quais possuem potencialidade de produzir impactos significativos. Propostas com base nos princípios agroecológicos para estes impactos encontrados foram o uso de policultivos, consórcios de culturas, alimentação alternativa, reuso e reaproveitamento de resíduos. Mais importante que identificar os impactos, é buscar propostas com ações proativas, mitigadoras e corretivas, bem como propor alternativas para que esses impactos negativos ocorram em menor escala ou, sempre que possível, não ocorram.

Palavras-chave: Aquicultura; conservação ambiental; práticas agroecológicas.

1. Introdução

No cenário mundial, a pesca exerce importante papel na economia mundial e na geração de empregos (SEBRAE, 2018), bem como possui outros aspectos relevantes, tais como: alimentação de qualidade, recreação (pesca recreativa ou pesca desportiva), ornamentação (espécies ornamentais) e fins industriais (incluindo a fabricação de rações para alimentação animal).

Além da pesca, é possível obter animais aquáticos para esses diversos fins, pela aquicultura, que é o cultivo, normalmente em espaço confinado e controlado, de organismos aquáticos, tais como: peixes, crustáceos, moluscos, algas, répteis e qualquer outra forma de vida aquática de interesse econômico produtivo (SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017).

A aquicultura envolve o cultivo de animais em água doce e de água salgada sob condições controladas. Atualmente, a aquicultura é responsável pela produção da metade dos peixes e moluscos consumidos pela população mundial. A produção de pescado alcançou em 2016 a marca de 171 milhões de toneladas, sendo 88% utilizadas para o consumo humano: graças à estabilidade da produção e o crescimento a aquicultura contribui para o crescimento econômico e a luta contra a pobreza mundial (FAO, 2018).

No Brasil, a aquicultura tem crescido a uma média de 30% ao ano - índice superior à média mundial, que é de 10% a. a. Na região Sudeste, o crescimento acompanha o perfil do setor no país (SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017). Segundo SEBRAE (2018), a aquicultura é a atividade agropecuária que mais cresce no Brasil e no mundo; conseqüentemente, surgem novas oportunidades de mercado. Embora gere renda, empregos e seja importante nacionalmente e mundialmente, devem-se considerar outros fatores, relevantes em sistemas de produção modernos, tais como os fatores econômicos, sociais e ambientais.

A aquicultura é uma atividade que pode ser praticada de forma sustentável, com custo de investimento relativamente baixo e produtividade elevada, que apresenta capacidade de ampliar a produção mundial de alimentos de forma significativa, contribuindo, assim, para a maior segurança alimentar no mundo (SIQUEIRA, 2017). Porém, é importante mencionar a possibilidade de impactos e externalidades ambientais negativos significativos.

Para qualquer implantação e manutenção de uma atividade econômica, é necessária a alteração e adequação de ambientes. As diferentes modalidades da aquicultura podem gerar impactos ambientais diversos, dependendo do tipo de sistema de cultivo e das espécies utilizadas (BARBIERE *et al.*, 2014). Sendo assim, os impactos ambientais devem ser considerados e analisados, já que a aquicultura é realizada no ambiente aquático e a água é considerada um dos recursos naturais mais importantes para a sobrevivência e para os padrões de crescimento e desenvolvimento das gerações futuras.

O impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades químicas, físicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, alterem a saúde, a segurança e o bem-estar da população (PILLAY, 1992; SOUZA, 2018).

Para a ISO 14001 (*International Organization for Standardization*), **que** é uma das **normas** que determinam **diretrizes** para garantir que determinada empresa (pública ou privada) pratique a **gestão ambiental**, primeiro se define **ASPECTO AMBIENTAL** que causará um impacto. Ou seja, aspecto ambiental é considerado qualquer elemento das atividades, produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente.

É importante ressaltar a definição de aspecto e impacto ambiental, onde o aspecto é originado do consumo de insumos ou da geração de resíduos, nas diversas atividades de uma organização; e o impacto ambiental é definido como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em partes, das

atividades, produtos e serviços de uma organização. Sendo assim, o impacto ambiental é uma consequência do aspecto ambiental (SOUZA *et al.*, 2014).

Ainda, descrito por Pillay (1992), as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais que forem alteradas por determinado fator ambiental é considerado um impacto. De acordo com Tommasi (1994), essas alterações necessitam ser quantificadas porque apresentam variações positivas ou negativas, grandes ou pequenas.

Para Pillay (1992), os mais relevantes impactos provenientes da aquicultura, de forma geral, consiste em conflitos dos corpos d'água, a sedimentação e obstrução dos fluxos de água, a eutrofização, a descarga dos efluentes de viveiros e a poluição por resíduos químicos empregados nas diferentes fases do cultivo.

O objetivo do estudo dos impactos ambientais é avaliar as consequências das ações antrópicas, para a busca por medidas de controle e mitigação ou intensificações dos mesmos, por intermédio de projetos ou ações. No Brasil, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) envolve um conjunto de técnicas de gestão ambiental com o objetivo de identificar e interpretar os aspectos e impactos; ou seja, a relação de causa-efeito sobre o meio ambiente decorrente de ações propostas de desenvolvimento.

Este capítulo tem por objetivo apresentar os possíveis impactos causados pela aquicultura ao meio ambiente, bem como demonstrar as possibilidades do desenvolvimento da atividade de forma sustentável, por meio do planejamento e da adoção de medidas de controle, mitigação ou intensificação dos impactos oriundos da aquicultura, fundamentados em práticas de manejo e conservação de base agroecológica.

2. Aquicultura

A Aquicultura é definida pela *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2018), como cultivo de organismos aquáticos, tais como peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas, em água doce e em água salgada, sob condições controladas. Atualmente, a aquicultura é responsável pela produção da metade dos peixes e moluscos consumidos diretamente pela população mundial. A produção pesqueira mundial alcançou uma produção máxima de 171 milhões de toneladas em 2016, dos quais a aquicultura representou 47%. O valor total da primeira venda da produção pesqueira e da aquicultura em 2016 se estimou em 362 bilhões de dólares, dos quais 232 bilhões procederam da aquicultura (FAO, 2018).

A atividade de aquicultura difere da produção nos ecossistemas naturais em três aspectos básicos (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006):

O primeiro aspecto está relacionado à existência de entrada de energia auxiliar, além da energia solar, como é o caso de ecossistemas naturais. Esta energia auxiliar está sob controle do homem, consistindo em trabalho humano e animal, fertilizantes, ração, água de abastecimento, medicamentos e combustível para movimentar a maquinaria;

O segundo aspecto diz respeito à pequena diversidade de organismos aquáticos, objetivando maximizar a produção de apenas algumas espécies de maior valor comercial; e

O terceiro aspecto refere-se à seleção artificial que plantas e animais cultivados, geralmente, são submetidos: também, com o intuito de aumentar a produção e, conseqüentemente, o lucro obtido com a comercialização desses organismos.

Segundo a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, existe a obrigatoriedade da realização do estudo de impacto ambiental (EIA) e da elaboração do relatório de impacto ambiental (RIMA) para as atividades modificadoras do meio ambiente: neste sentido, a aquicultura se enquadra por ser uma atividade que modifica as condições naturais do meio em que está inserida.

Os ambientes aquáticos estão constantemente susceptíveis a impactos diversos: podem ser oriundos da disposição inadequada de resíduos domésticos, agrícolas e industriais que possuem elevada carga orgânica e inorgânica, da eliminação das matas ciliares, da erosão e do assoreamento, da pesca predatória, e da introdução de espécies exóticas, bem como pela própria expansão desta atividade. Dessa forma, a aquicultura vem sendo apontada como um potencial impacto aos ecossistemas naturais (SOUZA *et al.*, 2014; ZACARIAS e SOUZA, 2019).

A aquicultura pode ser realizada em diversificados níveis de produção, onde o efluente e os resíduos produzidos, oriundos desta atividade dependem basicamente da água de abastecimento, das espécies cultivadas, da densidade, do tempo de residência, da quantidade e da qualidade de alimentos fornecidos e da biomassa dos organismos (SHILO e RIMON, 1982; BAIRD *et al.*, 1996; SOUZA *et al.*, 2014).

A intensidade do impacto, a duração e significância, vão depender da produção e da forma que é conduzida - a tendência, na medida em que a produção aumenta, potencializam-se os efeitos dos impactos negativos sobre o ambiente (ZACARIAS e SOUZA, 2019).

Silvert (1992), citado por Henry-Silva e Camargo (2006), que avaliaram impactos da atividade de aquicultura, classifica os impactos da aquicultura como interno, local e regional: a) interno e local, quando ocorre dentro do lugar de produção, por exemplo, a alteração nos parâmetros físico-químicos-biológicos da água no viveiro; e b) regional, quando os efeitos são mais abrangentes, atingindo pontos distantes do lugar da atividade, incluindo até pontos externos à microbacia hidrográfica onde se localiza a atividade.

3. Diagnóstico ambiental: cenário atual, pré e pós-degradação

Baccarin (2002), avaliando o impacto ambiental da produção de tilápia do Nilo sob diferentes manejos alimentares, demonstrou que o aumento da biomassa dos peixes, ocasionou redução gradativa dos teores de oxigênio dissolvido e o aumento dos valores de turbidez e de sólidos em suspensão do efluente. Henry-Silva (2001) associou este fato ao aumento do arraçoamento, ao aumento dos dejetos e à decomposição da matéria orgânica.

Persson (1991), ao analisar o impacto da implantação de tanques-redes com truta arco-íris em um lago da Suécia, verificou que os efluentes e os resíduos originários desta atividade ocasionaram aumento da produção fitoplâncton, devido à elevada quantidade de fosfato na coluna d'água.

Menezes e Beyruth (2003), analisando os impactos de tanques-rede com tilápia do Nilo sobre a comunidade bentônica da represa de Guarapiranga (SP), observaram maiores porcentagens de *Oligochaetas* no sedimento abaixo dos tanques-rede,

provavelmente em decorrência do aumento dos teores de matéria orgânica e de nutrientes provenientes das excretas dos peixes.

Os efeitos, porém, como descrito por Silvert (1992), não atingem apenas o local onde acontece a atividade. Boaventura *et al.* (1997) observaram que os efeitos dos efluentes de fazendas de criação de truta arco íris (*O. mykiss*) foram identificados a 12 km de distância a jusante do ponto de seu lançamento, acarretando no aumento da população bacteriana. Macedo (2004) constatou maiores densidades de coliformes fecais em um ambiente aquático que recebia fluxo intenso de efluentes de aqüicultura, sugerindo a necessidade do tratamento desses efluentes antes do lançamento no corpo d'água receptor.

Na realização do Diagnóstico Ambiental visando a elaboração dos Cenários atual e, ou, pré-degradação, foram destacados os principais aspectos associados às práticas diárias da aqüicultura capazes de produzir os principais impactos ambientais das atividades de aqüicultura (MIRES, 1995; BARDACH, 1997; MIDLEN; REDDING, 1998; SOUZA, 2015; HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008; SOUZA, 2018):

- Introdução de espécies exóticas ao ambiente de criação;
- Aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água;
- Acúmulo de matéria orgânica no sedimento;
- Fluxo constante da água e a geração de outros resíduos.

Outros impactos identificados por Barbieri *et al.* (2014) foram:

- Perda da qualidade da água (relacionado aos fatores citados acima);
- Modificação do habitat;
- Impacto visual e até o social, em casos específicos.

No presente trabalho, serão destacados:

3.1. Medicamentos utilizados na aqüicultura

Os antibióticos e antimicrobianos são substâncias que podem ser extraídas de plantas, produzidas por microrganismos ou em laboratórios de maneira artificial, que como característica comum apresentam a capacidade de matar ou inibir o crescimento de bactérias (FIGUEIREDO, 2016). Segundo dados da FAO (2018), os antibióticos mais utilizados na aqüicultura mundial, em nível mundial, são a oxitetraciclina, o florfenicol, a sarafloxacina, a eritromicina e as sulfonamidas.

No ecossistema aquático o uso dessas substâncias ocasiona grande impacto no ambiente, atrelado à permanência de resíduos químicos na água, bem como a seleção de bactérias e outros agentes resistentes. Leira *et al.* (2017) alertaram quando a existência de uma barreira ao comércio internacional, onde, nos últimos anos, tem-se preocupado com a incidência desses resíduos de antibióticos em carcaças de peixes.

Figueiredo (2016) também descreve os riscos quanto ao uso desses medicamentos, podendo causar impacto direto a produção, caso sejam utilizados de forma inadequada, que podem acumular no organismo dos animais, podendo contaminar os seres humanos. Além disso, o uso dessas substâncias pode ser altamente nocivo para o meio ambiente. Principalmente em pisciculturas realizadas em tanques-rede, onde esses estão localizados em grandes bolsões de água como represas, lagos e rios, onde esses resíduos podem alterar a composição microbiana do local.

Quando essas substâncias são eliminadas no corpo d'água, essas moléculas podem se depositar no sedimento ou for ingerida por outros animais ali presentes, alterando o perfil de microrganismos e induzindo a seleção daqueles que são resistentes a essas moléculas (FIGUEIREDO, 2016). Sapkota *et al.* (2008) mencionaram a resistência de alguns genes de bactérias que podem não ser patogênicas em organismos aquáticos; porém, patogênicos aos seres humanos.

Balcázar *et al.* (2006) citam que, nas instalações para produção em grande escala, os peixes podem ser expostos a condições estressantes, que levam aos problemas relacionados às doenças e à degradação das condições ambientais: isso ocasiona normalmente a um aumento na utilização de medicamentos de uso veterinário. Levings (1994) já alertava para o fato de aumento da produção de peixes e, conseqüentemente, um substancial aumento no uso de substâncias químicas para controlar pragas e parasitas.

Beveridge (1996) apontou em seu trabalho a utilização de vários agentes químicos nas mais distintas modalidades de aquicultura. Como exemplo, citou os elementos utilizados na construção, proteção contra corrosão, além de serem encontrados pigmentos e desinfetantes, mesmo que em quantidades pequenas.

Segundo Teles e Reyes (2014), os dados sobre os impactos causados no ambiente devido ao uso exacerbado de medicamentos são escassos; outro entrave é que não existe regulamentação e fiscalização para o uso dessas drogas nos ambientes aquáticos (CARNEIRO *et al.*, 2007).

Neste sentido, quando a utilização inadequada e descontrolada de medicamentos levanta a hipótese de impactos não apenas sobre a resistência de microrganismos, mas também na quantidade de resíduos liberados nos alimentos, reforçando a importância do desenvolvimento de trabalhos relacionados aos impactos do uso de medicamentos na aquicultura.

3.2. Uso de hormônios

Com a crescente atividade de aquicultura por pequenos produtores, que produzem seus próprios alevinos e larvas, a utilização de hormônios para propagar artificialmente os peixes tem avançado de forma significativa. A reprodução é a fase mais importante na vida do animal, pois é ela que garantirá a perpetuação da espécie. É um processo fisiológico complexo, onde atuam diversos eventos neuro-hormonais que, por intermédio de estímulos ambientais, ocasionam no peixe reações específicas que culminam com a desova (VENTURIERI; BERNARDINO, 1999).

Várias substâncias podem ser utilizadas com a finalidade da reprodução artificial em piscicultura: os mais utilizados são os **hormônios liberadores de gonadotropinas**, os **antagonistas de dopamina** e os **hormônios hipofisários** (VENTURIERI; BERNARDINO, 1999).

Ainda, segundo esses mesmos autores, a manipulação dos hormônios ou análogos, deve ser feita com cuidado uma vez que são drogas potentes e sua ação em humanos é similar à esperada em peixes - estimulação de gonadotropinas e liberação de hormônios sexuais - com a importante diferença que a administração crônica em humanos conduz a um decréscimo na liberação de gonadotropinas e, portanto, de esteroides sexuais.

Entre os hormônios utilizados para a inversão sexual, está o 17- α -metiltestosterona pelo período de 21 a 28 dias, que pode ser realizada na adição do hormônio na ração

dos peixes ou no banho de imersão, sendo a primeira mais viável ambientalmente. Entretanto segundo Dias-Koberstein (2007), uma hipótese de inconveniente da aplicação deste hormônio é a água residual, que é lançada nos corpos receptores, contaminando-os, levando a um desequilíbrio ambiental com a masculinização dos peixes da região, podendo ocasionar a extinção da espécie (DIAS-KOBERSTEIN, 2007).

Porém, vale ressaltar que esse hormônio fará efeito apenas nos primeiros dias de vida dos organismos, no início da embriogênese, onde o indivíduo não é fenotipicamente macho ou fêmea, pois não possui características associadas ao sistema reprodutor, possuindo apenas as células germinativas primordiais que determinará o sexo (DRUMMOND, 2007). Portanto, não afetarão todos os organismos dentro de um corpo hídrico, apenas aqueles em fase inicial da vida, sendo o impacto ambiental referente a este aspecto, considerado baixo.

Outro ponto a se considerar, é o fato do hormônio ser fotossensível e termossensível: em temperaturas acima de 30°C ele perde sua estabilidade (MCEVOY, 2007). Este fato pode ser uma informação importante quando se fala em contaminação dos corpos hídricos, mostrando que nem sempre o hormônio terá o potencial de inversão sexual nos organismos. Além disso, nem todas as espécies são invertidas - isso pode ser uma justificativa aos trabalhos que mostram os impactos significativos deste produto quando lançados nos corpos hídricos.

Drummond (2007) cita em seu trabalho que um dos principais argumentos utilizados para defender o uso de hormônios em peixes de linhagens monossexos: é que a quantidade de anabolizante ingerida por animal é muito pequena, inferior a 5 mg por animal. Autores como Abucay e Mair (1997) e Curtis *et al.* (1991) demonstraram que a maior parte do hormônio ingerido é eliminado rapidamente, não se acumulando na carne que será consumida pelos seres humanos.

Outro argumento a favor, é que se utilizado de forma correta, seguindo os protocolos indicados na literatura, esse hormônio é detectado aos níveis de parte por milhão nos peixes revertidos em tamanho comercial, o que não ofereceria problemas a saúde humana (DRUMMOND, 2007), e possivelmente suas concentrações são provenientes da própria produção do indivíduo.

Estudo realizado por Contreras-Sánchez e Couturier (2002) não detectou a presença do hormônio de inversão na água durante seus experimentos em sistemas fechados, apenas no solo, 17 dias após o início do experimento, que mais tarde foi decomposto pela ação microbiológica. Em sistemas abertos, de água corrente, os metabólitos são perdidos (DRUMMOND, 2007).

3.3. Arraçamento

O manejo alimentar quando feito de forma equivocada, pode reduzir a absorção de nutrientes pelos peixes, o que potencializa a produção de matéria orgânica e disponibilidade nutrientes nos sistemas de produção, podendo levar a alteração na qualidade da água e causar o aumento do fitoplâncton, redução da transparência da água e diminuição do oxigênio dissolvido, além de poder ocasionar impactos ambientais significativos, como a contaminação do recurso hídrico, comprometendo assim a saúde dos peixes (CYRINO *et al.*, 2010).

O aumento na concentração de nutrientes na água, em especial fósforo e nitrogênio, potencializa o crescimento exacerbado de biomassa, podendo caracterizar uma eutrofização e trazer alterações para a demanda biológica por oxigênio, alterações no

pH, turbidez e liberação de toxinas, podendo ocasionar mortandade de peixes e outros organismos (SOUZA *et al.*, 2014; AVELLAR; NEDER; COTTA, 2015; SOUZA, 2015).

Boyd (2003) e Baccarin e Camargo (2005), demonstraram que parte da ração fornecida é incorporada na biomassa dos peixes e parte continua na água. As rações adicionadas à dieta dos organismos aquáticos contribuem com a adição de nitrogênio nos efluentes das atividades de aquicultura, sendo parte desse elemento excretado pelos organismos na forma de amônia e o restante eliminado pelas fezes na forma de nitrogênio orgânico. Os fertilizantes orgânicos, compostos vegetais e esterco animal, são ricos em fósforo (GOMES, 2016).

Kubitza (1998) cita que valores de amônia não ionizada acima de 0,20 mg l⁻¹ já são suficientes para comprometer o crescimento, levando a uma toxidez crônica e potencializando a diminuição da tolerância dos peixes às doenças.

Pereira (2008) e Mercante; Silva; Costa (2006) encontraram valores de concentração de nitrogênio e fósforo distintos em efluentes da piscicultura, mas evidenciaram a possibilidade de eutrofização devido a concentração dessas substâncias.

Estudos relatam que somente 25 a 30% do nitrogênio e fósforo fornecidos no arraçoamento e fertilizantes serão aproveitados para a formação da biomassa de peixes e camarões, sendo que o restante do nitrogênio e fósforo fica retido no sedimento dos viveiros ou é eliminado pelo efluente (CASILLAS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2013). Mercante *et al.* (2004) encontraram valores superiores a 0,025mg/L de fósforo total, caracterizando locais ricos em nutrientes e com qualidade da água não adequada.

Macedo e Sipaúba-Tavares (2010) descrevem que os nutrientes, nitrogênio e fósforo podem ser limitantes no ecossistema aquático, podendo acelerar o processo de eutrofização quando introduzidos no ambiente e, conseqüentemente, estimulam a produtividade de plantas aquáticas podendo comprometer a produção de interesse.

Vaz *et al.* (2015) realizaram estudo de caso analisando a qualidade da água de efluente de piscicultura no estado do Paraná, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/04, e concluíram que o efluente da piscicultura avaliada estava dentro do padrão permitido para o lançamento dos corpos receptores.

Embora existam trabalhos que demonstrem os impactos advindos do arraçoamento na aquicultura, é importante considerar a modalidade da atividade e realizar análises que comprovem o impacto ambiental.

3.4. Introdução de espécies exóticas

Oliveira *et al.* (2014) apontam que os impactos da introdução de espécies exóticas podem ser tanto ambiental como socioeconômico. A introdução de espécies exóticas pode afetar os ecossistemas aquáticos por meio da predação, competição, alterações genéticas, alteração de habitats e introdução de patógenos (DIAS – Database on Introductions of Aquatic Species, FAO, 2000).

Mudanças no ambiente onde são introduzidas as espécies estranhas são recorrentes, pois cria a competição com os animais nativos e altera o fluxo de energia dentro da cadeia alimentar (CUNHA *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2014). A invasão dessas espécies pode ocorrer de várias formas, como descreve Cunha *et al.* (2011):

- Escapes acidentais pela água de efluente dos tanques e viveiros;

- Acidentes por rompimento;
- Transbordo de tanques;
- Soltura de indivíduos remanescentes durante o esvaziamento; e
- Descartes resultantes das atividades de manejo dos tanques.

Conhecendo a possibilidade de impacto, é necessário que se faça o estudo do impacto causado pela espécie invasora, mas principalmente tomar as medidas preventivas para que o impacto não ocorra.

4. Cenário pós-degradação (Prognóstico): Práticas Agroecológicas para a Aqüicultura

A Ecologia estuda o funcionamento dos ecossistemas. Refere-se ao sistema natural de cada local envolvendo seus fatores bióticos, como os seres vivos, e os abióticos, como solo e o clima e com a inter-relação entre esses fatores, que caracteriza cada ambiente. O manejo ecológico dos agroecossistemas é realizado conforme as características locais do ambiente, alterando-as o mínimo possível onde o potencial endógeno deve ser aproveitado. A agroecologia depende muito da sabedoria de cada agricultor, desenvolvida a partir de suas experiências e observações locais (PRIMAVESI, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2019).

Além disso, cada produtor, principalmente pertencente à agricultura familiar, ponto chave da agroecologia, possui suas dificuldades e necessidades e assim pode, utilizando princípios de agroecologia para melhorar a produção, diminuir gastos com insumos externos, além de potencializar a obtenção de renda extra: devido à diversidade dos produtos obtidos (ZACARIAS; SOUZA, 2019).

Diversas são as possibilidades de incluir na aqüicultura alternativa mais sustentável, utilizando conceitos e princípios da agroecologia: como resultado, alcançam-se benefícios diversos para a qualidade de vida e o ambiente.

Primavesi (2008) e Gonçalves *et al.* (2019), apontam que a biodiversidade é um dos fatores mais importantes dentro da agroecologia, pois a manutenção de grande diversidade de organismos em uma mesma área é uma estratégia da natureza para construir maiores níveis de estabilidade na produção biológica. Neste caso, a aqüicultura, por ser realizado dentro do recurso natural (água) e ao promover a diversidade de espécies, poderá proporcionar maior equilíbrio ao ecossistema, maiores fontes de alimento e redução de pragas e doenças comuns nos monocultivos.

A conservação da água, bem como sua reutilização, é outro ponto importante que perpassa por conceitos agroecológicos: também podem ser utilizadas na aqüicultura, alternativas que buscam melhorar a qualidade da água que sofre alteração durante todo o processo produtivo de animais aquáticos.

Neste sentido, estratégias que minimizem os impactos ambientais negativos no recurso hídrico, que busquem equilibrar e manter os parâmetros de qualidade da água é sempre bem vista em rotinas agroecológicas. No Ifes campus de Alegre, por exemplo, antes de ser lançado no corpo hídrico, o efluente dos viveiros vai para a lagoa de decantação, onde existem organismos filtradores e plantas que auxiliam no processo de diminuição da carga orgânica (Figura 1).



Figura 1. Plantas aquáticas que atuam na diminuição da carga orgânica do efluente gerado pelo setor de aquicultura do IFES – Campus de Alegre.

Tratando-se da alimentação dos animais aquáticos, muitas vezes é feita com rações comerciais que deixa resíduos normalmente depositados no fundo dos tanques ou viveiros, ou que seguem pelo efluente atingindo o corpo receptor. Em contraponto a esta questão, a agroecologia também aponta para a necessidade da diminuição dos recursos exógenos e da independência e soberania do produtor: pode utilizar outras fontes de alimentos, principalmente os oriundas do próprio local onde está inserido, diminuindo custos de produção, a entrada de energia exógena e substâncias presentes na ração que não naturais do local, por exemplo. Na Tabela 1 são relacionadas propostas de práticas agroecológicas que poderão ser utilizadas na atividade de aquicultura, com o objetivo de se reduzir os impactos ambientais e as externalidades.

Tabela 1. Propostas de práticas agroecológicas para a Aquicultura.

Prática Aquicultura	Alternativa Agroecológica	Benefícios
Qualidade da água	Reaproveitamento do recurso	A água pode ser reutilizada por meio de Sistemas de Recirculação de Água (SRAP), que possibilitam o aumento da produção com aproveitamento da água.
Enriquecimento dos viveiros	Reuso e Tratamento dos Resíduos	O enriquecimento dos viveiros pode ser feito utilizando resíduos advindos da agricultura familiar, onde o produtor não terá gastos com insumos externos, e contribuirá com o tratamento destes resíduos que poderiam causar outros tipos de poluição, caso fossem descartados de forma incorreta.

Criação dos animais	Diversidade de culturas – Policultivos e Consórcios	As possibilidades para o pequeno e médio produtor são significativas neste sistema de produção, pois permite uma variedade de espécies produzidas e economia com alimentação, podendo realizar a despesca em diferentes épocas do ano, obtendo renda durante todo o período.
Arraçoamento	Alimentação alternativa	A possibilidade de obtenção de renda extra está relacionada à otimização da produção - a agroecologia pode potencializar a sustentabilidade da agricultura familiar, pois prioriza o uso de insumos locais, diminuindo gastos e custos para os produtores. O uso alternativo de alimentos para os animais pode trazer grandes benefícios aos produtores mediante as dificuldades encontradas.

5. Considerações finais

Conhecer e identificar os aspectos e impactos ambientais é uma metodologia muito utilizada para avaliar a sustentabilidade dos sistemas, os riscos e problemas causados ao meio ambiente, mostrando se são ou não significativos. Porém, mais importante que identificá-los, é buscar propostas com ações proativas, mitigadoras e corretivas, bem como propor alternativas para que esses impactos negativos ocorram em menor escala ou, sempre que possível, não ocorram.

Este trabalho buscou apresentar os aspectos e os possíveis impactos ambientais negativos oriundos da atividade de Aquicultura, podendo assim, permitir a busca por alternativas menos danosas ao ambiente. As alternativas que buscam a sustentabilidade são diversas, cabendo destacar aquelas que contribuem para o desenvolvimento da agricultura familiar agroecológica.

Deverão possibilitar:

- Geração de renda e emprego no campo;
- Diminuição da dependência de insumos externos, muitas vezes com altos custos, como no caso da compra de rações;
- Garantir a biodiversidade, por intermédio de consórcios e policultivos;
- Potencializar a soberania alimentar e a qualidade nutricional dos alimentos; e
- Contribuir com a disseminação do pensamento agroecológico, onde o conhecimento científico atrelado à sabedoria tradicional pode contribuir com a sustentabilidade dos agroecossistemas garantindo as futuras gerações um meio ambiente equilibrado.

6. Referências

ABNT NBR ISO 14001. **Sistemas da gestão ambiental requisitos com orientações para uso.** 2008. 27p.

ABUCAY, J. S.; MAIR, G. C. Hormonal sex reversal of tilapias: implications of hormone treatment application in closed water systems. **Aquaculture Research**, v. 28, n. 11, p. 841-845, 1997. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1997.00878.x>.

AVELLAR, I. G.J; NEDER, A. V. F.; COTTA, T. A. P. G. Aplicação de eletrocoagulação na remoção de fosfatos em efluente doméstico artificial preparado a partir de bebida refrigerante-um experimento para graduação. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2255-2272, 2015. Disponível em: <<http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/1073>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

BACCARIN, A. E.; CAMARGO, A. F. M. Characterization and evaluation of the feed management on the effluents on Nilo tilapia culture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 81-90, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132005000100012>.

BACCARIN, A. E. **Impacto ambiental e parâmetros zootécnicos da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sob diferentes manejos alimentares**. Jaboticabal. 56p. Tese Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2002.

BALCÁZAR, J. L. *et al.* The role of probiotics in aquaculture. **Veterinary Microbiology**, v.114, p.173-186, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.01.009>.

BAIRD, D. J.; BEVERIDGE, M. C. M.; KELLY, L. A.; MUIS, J. F. **Aquaculture and waters recourse management**. London: Blackwell Science Ltda. 219 p. 1996.

BARBIERI, E. *et al.* Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 385-398, 2014. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci486>.

BARDACH, J. E. **Sustainable Aquaculture**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 251p. 1997.

BEVERIDGE, M. **Cage aquaculture**. 2a ed. Oxford: Fishing News Books.1996. 346p.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, v. 226, n. 1-4, p. 101-112, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00471-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00471-X).

BRASIL. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005**. Brasília, DF, 2005.

CARNEIRO, D. O. *et al.* Perfil de susceptibilidade a antimicrobianos de bactérias isoladas em diferentes sistemas de cultivo de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 869-876, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000400008>.

CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. M.; COUTURIER. **Fate of Methyltestosterone in the Pond Environment: use of mt in earthen ponds with no record of hormone usage**. In: K. McElwee, K. Lewis, M. Nidiffer, and P. Buitrago (Editors), Nineteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, Corvallis, Oregon, pp. 2002. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/FATE-OF-METHYLTESTOSTERONE-IN-THE-POND-ENVIRONMENT%3A-Contreras-S%3A%26A1nchez-Couturier/312e62b5bc00e9608a49bf69c4650a08e8b71735>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

CYRINO, J. E. P. *et al.* A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, supl., p. 68-87, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>.

DIAS-KOBERSTEIN, T. C. R. *et al.* Reversão sexual de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio de banhos de imersão em diferentes dosagens hormonais. **Revista Acadêmica de Ciência Animal**, v. 5, n. 4, p. 391-395, 2007. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v5i4.10196>.

FAO - Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture. Meeting the sustainable development goals**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome (Italy). 2018, 209 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

FIGUEIREDO, H. C. P. **Sanidade Aquícola: Antibióticos na Aqüicultura**. 2016. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/sanidade-aquicola-antibioticos-na-aquicultura/>>. Acesso em: 06 maio 2019.

GOMES, L. de M. **Tratamento de efluente da piscicultura utilizando os processos fenton e eletroquímico: eficiência e toxicidade**. Tese Doutorado. Universidade Federal de Alagoas. 2016.

GONÇALVES, D. C. *et al.* A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **Revista da UNIVAP**. v.1, p.342 - 357, 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3929>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Impacto das atividades de aqüicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas—relato de caso. **Pesca Institute Buletin**, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/20514>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

HENRY-SILVA, G. G. **Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal**. Jaboticabal. 79p. 2001.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aqüicultura. **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa-MG, v. 24, n.1, p. 21-28, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000100003>.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes - Parte III (final). **Panorama Aquicult**, v. 8, p. 35-43, 1998. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/qualidade-da-agua-na-producao-de-peixes-parte-iii-final/>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

LEIRA, M. H. *et al.* Problemas sanitários das pisciculturas brasileiras. **PUBVET**, v.11, n. 6, p. 538-544, 2017. Disponível em:

<<https://www.pubvet.com.br/artigo/3933/problemas-sanitaacuterios-das-pisciculturas-brasileiras>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

LEVINGS, C. D. Some ecological for net-pen culture of salmon on the coasts of the Northeast Pacific and Atlantic Oceans, with special reference to British Columbia. **Journal Applied Aquaculture**, v.4, n.1, p.65-141, 1994. https://doi.org/10.1300/J028v04n01_06.

MACEDO, C.F. Qualidade da água em viveiros de criação de peixes com sistema de fluxo contínuo. Jaboticabal. 136p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. 2004.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Pesca Institute Buletin**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/36_2_149-163rev.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2021.

MCEVOY, G. K. **AHFS Drug Information**. American Society of Health-System Pharmacists, Bethesda, MD, v. 2184, 2007.

MERCANTE, C.T.J. *et al.* Water quality in fee-fishing ponds located in the São Paulo metropolitan region, Brazil: analysis of the eutrophication process. **Acta Limnologica Brasiliensia, Botucatu**, 16(1): 95-102. 2004.

MERCANTE, C.T.J.; SILVA, D.; COSTA, S.V. 2006 Avaliação da qualidade da água de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo por meio do uso de variáveis abióticas e da clorofila a. In: ESTEVES, E.K. e SANT'ANNA, C.L. Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo: um estudo na região metropolitana. São Carlos: Rima. p.37-48.

MIDLEN, A.; REDDING, T. **Environmental Management for Aquaculture**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1998.

MIRES, D. Aquaculture and the aquatic environment: mutual impact and preventive management. **The Israeli Journal of Aquaculture** - Bamidgeh, .v. 47, p. 163-172, 1995.

OLIVEIRA, C. R. *et al.* Composição físico-química e valores energéticos de farinhas de silagem de peixe para frangos de corte. **Arq. bras. med. vet. Zootec.**, v. 66, n. 3, p. 933-939, 2014. <https://doi.org/10.1590/1678-41626127>.

PEREIRA, J. S. **Avaliação do impacto do efluente de piscicultura sobre o corpo receptor**. São Paulo, 2008.

PILLAY, T. V. R. **Aquaculture and the environment**. Fishing News Books, Blakwell Scientific Publications Ltda., New York, USA. 1992. 189p.

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e manejo do solo. **Revista Agriculturas**, v. 5, n. 3, p. 7-10, 2008. Disponível em: <<https://anamariaprimavesi.com.br/2019/06/14/agroecologia-e-manejo-do-solo-revista-agriculturas-experiencias-em-agroecologia-leisa-brasil-set-2008-vol-5-no-3/>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

SAPKOTA, A. *et al.* Aquaculture practices and potential human health risks: current knowledge and future priorities. **Environment Institut**, v. 34 p. 1215-1226, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.04.009>.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da Piscicultura no Brasil:** diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td_2328.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2021.

SEBRAE NACIONAL. **Saiba como funciona comércio de peixes no Brasil.** Canal de Distribuição. 2018. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/artigosOrganizacao/saiba-como-funciona-comercio-de-peixes-no-brasil,8bc238e243312510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

SHILO, M.; RIMON, A. Factors which effect the intensification of fish breeding in Israel. 2. **Ammonia transformation in intensive fish ponds.** *Bamidgeh*, v. 34, n. 3, p. 101-114, 1982.

SIQUEIRA, T. V. de. **Aqüicultura:** a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8142>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

SOUZA, M. N. *et al.* Dynamic o systems and the modeling with the use STELLA. **Academic Journals Database**, v.4, p.23-37, 2014.

TELES, J. A.; REYES, F. G. R. **Antimicrobianos na piscicultura:** uso e aspectos regulatórios no Brasil. In: MADI, R. R. *et al.* Patologia e sanidade em ambientes aquáticos. Maringá: Massoni, p. 245-268. 2014.

TOMMASI, L. R. **Estudo de Impacto ambiental.** CETESB, Terragraph Artes e Informática, São Paulo, SP, Brasil. 1994. 355 p.

VENTURIERI, R.; BERNARDINO, G. Hormônios na reprodução artificial de peixes. **Panorama da Aqüicultura**, v. 9, n. 55, p. 39-48, 1999. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/hormonios-na-reproducao-artificial-de-peixes/#:~:text=O%20uso%20de%20antiestr%C3%B3genos%2C%20progestinas,dele%20ser%C3%A1%20visto%20a%20seguir>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

ZACARIAS, A. J.; SOUZA, M. N. Recuperação de área degradada de monocultura intensiva no estado do Espírito Santo. **Revista Univap**, v.1, n. 87, p.234-242, 2019.

Autores

Ronald Assis Fonseca, Mauricio Novaes Souza*, Pedro Pierro Mendonça, Hilton Moura Neto, Credigar Gonçalves Moreira, José Carlos V. da Paschoa, Lucinea Carolina Horsth, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback

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

* Autor para correspondência: mauricios.novaes@ifes.edu.br

CAPÍTULO 3

Cafeicultura: Recuperação de áreas degradadas e uso de práticas agroecológicas no manejo do café em região de montanhas

Cleber Cássio Ferreira, Mário Euclides Pechara da Costa Jaeggi, Thiago Blunck Rezende Moreira, Maurício Novaes Souza, Dayvson Dandi Rodrigues, Ronald Assis Fonseca, Fábio Gomes Zampieri, Credigar Gonçalves Moreira, Alex Justino Zacarias, Isabel Inácio de Moraes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-6-9.c3>

Resumo

A cultura cafeeira no Brasil é extraordinariamente disseminada: o Brasil é líder no *ranking* produtivo mundial como produtor, com 2.25 milhões de hectares de área plantada, e produção de mais de 60 milhões de sacas (Conab), além de sermos o segundo maior consumidor de café do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos. Em produção interna, Minas Gerais é o primeiro, e o Espírito Santo é o segundo maior produtor de café do Brasil: o primeiro em conilon e o terceiro na produção do café arábica. De forma geral, o café é produzido em regiões de relevo movimentado: o arábica, nas regiões com temperaturas baixas e cadeias de montanhas desses estados, ocupando em torno de 150 mil hectares no ES. No entanto, há muitas áreas que sofrem com o manejo convencional que estimulou o surgimento de processos impactantes, que promoveram o aparecimento de inúmeras áreas degradadas, tornando preocupante, o futuro sustentável da produção. Dessa forma, urge o estabelecimento de medidas de manejo e procedimentos de recuperação, que podem ser tomadas para evitar ainda mais processos degradativos e proteger áreas de risco ou em uso. Essas técnicas são elaboradas por intermédio do PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, que incluem técnicas de proteção, recuperação, conservação, manejo, entre outros. Assim, o objetivo deste capítulo é a elaboração e junção de técnicas de recuperação de áreas degradadas aplicadas às áreas de cultivo do cafeeiro em região de montanhas, visando evitar a erosão do solo por meio da restauração da estrutura do solo e da dinâmica do ecossistema com suas características bióticas e abióticas, trazendo benefício ao meio ambiente e à condição socioeconômica da propriedade cafeeira.

Palavras-chave: Áreas Degradadas, cafeicultura de montanha, manejo agroecológico, práticas culturais conservacionistas, recuperação ambiental.

1. Introdução

Os sistemas agrícolas convencionais se caracterizam por atividades de uso intenso e revolvimento do solo. Utilizam grandes quantidades de fertilizantes de rápida solubilidade e agrotóxicos, o que resulta na redução da quantidade de C orgânico no solo. Em consequência do sistema de manejo inadequado e do uso contínuo do solo, o processo de degradação do ambiente se intensifica.

Dessa forma, a agricultura tem sido considerada uma das principais causas e, ao mesmo tempo, uma das vítimas dos problemas ambientais da atualidade. Segundo Primavesi (2006), no sistema de manejo convencional, o solo é considerado somente como suporte físico para as plantas. Esse sistema foi disseminado em todos os continentes e se baseia no emprego de pacotes químicos destinados a nutrir as plantas cultivadas. A verdade, porém, é que estes sistemas interferem na biota do solo, desequilibrando o agroecossistema. Estudos relacionados aos processos do solo, assim como sua qualidade, são essenciais tendo em vista que a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, para que assim não ocorra a sua degradação.

Considerando a “Cafeicultura” capixaba, há de se considerar que é a principal atividade econômica de 80% dos municípios. No Espírito Santo o café arábica (*Coffea arabica* L.) é cultivado predominantemente em áreas declivosas (600-1.200 m), em 26.313 propriedades rurais, envolvendo 53 mil famílias, em uma área de 150 mil ha e produção média anual de três (3) milhões de sacas. Embora haja disponibilidade de tecnologias, a sustentabilidade dessa cafeicultura enfrenta diversos desafios, tais como: a) a redução de custos; b) a diversificação e aumento da renda; c) a melhoria da qualidade de vida; d) a conservação dos solos; e e) a melhoria da qualidade do café (TRISTÃO *et al.*, 2019).

Segundo esses mesmos autores, as novas tecnologias disponibilizadas, como cultivares mais bem adaptadas às condições de cultivo, colheita semimecanizada, implementos mais adaptados às condições declivosas, microterraceamento das lavouras, manejo com cobertura do solo, podas adequadas, adubações químicas e orgânicas equilibradas, têm permitido elevar a produtividade e os patamares de sustentabilidade.

Além disso, o adequado ponto de colheita, tecnologias pós-colheita para diferentes altitudes, como formas e tempos diferentes para fermentação, sistema protegido para secagem dos grãos e técnicas para manejo pós-colheita preservam o potencial global das diferentes qualidades de bebida, ressaltando em sabores/aromas diferenciados. Capacitações contínuas em boas práticas agrícolas (BPA) e pós-colheita, treinamentos em classificação/degustação/ponto de torra de café para torrado/moído e espresso, permitem melhor comercialização de diferentes cafés para mercados nacionais/internacionais, redes varejistas ou diretamente para consumidores, melhorando o padrão econômico da sustentabilidade, em seus aspectos socioeconômicos (TRISTÃO *et al.*, 2019).

Contudo, para esses mesmos autores, atingir patamares superiores de sustentabilidade dependente da aceitação global pelos diferentes atores envolvidos na cadeia produtiva e no mercado consumidor. Somente com a conscientização das partes envolvidas e remuneração adequada de cafés superiores, as famílias rurais continuarão estimuladas para permanecerem nas propriedades, produzindo café de alta qualidade, preservando o meio ambiente e gerando emprego e renda no meio rural nas montanhas do Espírito Santo. Há de se considerar, ainda, a questão sucessória.

No entanto, o Espírito Santo possui em torno de 393 mil hectares de área agrícola degradada, o que corresponde a aproximadamente 17% das terras agrícolas do estado (CEDAGRO, 2012). Isso representa um enorme potencial em termos de transformação de áreas improdutivas e degradadas em fontes de geração de renda, empregos diretos e indiretos, e ainda conservação dos recursos naturais em especial solo e água. Minas Gerais, o maior produtor brasileiro, também apresenta um percentual bastante elevado de terras degradadas.

No Brasil, uma das principais fontes de emissão de dióxido de carbono (CO₂) e outros “Gases de Efeito Estufa” (GEE) é a mudança de uso do solo: inicia-se com a derrubada das florestas para uso agropecuário convencional (BRASIL, 2010). Com o intuito de reduzir as emissões de GEE, alguns programas foram criados pelo governo federal, dentre eles pode-se destacar o programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que tem como principal objetivo incentivar o desenvolvimento de práticas sustentáveis, associados com o aumento de renda dos produtores rurais, e especialmente para a difusão das seguintes tecnologias: integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); sistemas agroflorestais (SAFs); e recuperação de pastagens e áreas degradadas (MARTINS; SOUZA, 2013; TORRES *et al.*, 2014).

Merece destaque os SAFs: o Sistema Agroflorestal é um sistema de manejo de recursos naturais, dinâmico e baseado em princípios ecológicos, e vem se destacando entre as técnicas de manejo utilizadas pela agricultura, inclusive na cafeicultura (Figura 1). Faz-se por intermédio da integração entre produção agrícola, florestal e, ou, animal, que diversifica e mantém um sistema de produção sustentável, e que utiliza técnicas conservacionistas do uso do solo e da água. Além disso, suprem os interesses sociais, econômicos e ambientais, promovendo benefícios a todos estes seguimentos (MACAULAY Land Use Research Institute, 2020; SALGADO, 2006; SOUZA *et al.*, 2020).

A Recuperação de Áreas Degradadas pela atividade da cafeicultura utilizando os SAFs está baseada nos princípios da agroecologia: além de melhorar as condições do solo e do estoque de água do solo, da microbiota e do estoque de matéria orgânica, estabelecem relações positivas entre seus componentes, o que viabiliza a produção integrada em áreas degradadas que se encontram improdutivas (FRANCO, 2000; SOUZA *et al.*, 2020).



Figura 1. Lavoura de café em condições de sombreamento. Fonte: SOUZA *et al.*, 2020.

No Estado do Espírito Santo, a cafeicultura se destaca por ser a principal atividade agrícola do estado, abrangendo todas as regiões de forma bastante diversificada. A maioria dos produtores capixabas está situada em pequenas propriedades rurais, são de base familiar e, em sua maioria, suas lavouras estão alocadas em áreas de relevo

acidentado. A cafeicultura abrange uma área de aproximadamente 435 mil hectares no estado e corresponde cerca de 35% do Produto Interno Bruto (PIB) Agrícola capixaba. As principais espécies cultivadas são o *Coffea arabica* (arábica), nas regiões de menor temperatura e maior altitude; e o *Coffea canephora* (conilon), nas regiões de maior temperatura e menor altitude (INCAPER, 2020).

A cafeicultura representa a principal fonte de renda dos pequenos agricultores capixabas (Figura 2). No entanto, é importante incentivar e fomentar a diversificação da produção rural. Essa é uma estratégia utilizada para minimizar as incertezas oriundas do momento de comercialização da produção. Além disso, reduz os riscos de se produzir uma única cultura e sofrer altos impactos de fatores externos na produção, como clima, economia, pragas e doenças. A diversificação da produção ainda traz benefícios ambientais, ganhos econômicos e manutenção da agricultura familiar (SOUZA JUNIOR, 2019).



Figura 2. Sítio Santa Rita, Pedra Menina, município de Espera Feliz.

O segmento de café especial representa cerca de 12% do mercado internacional de cafés (Figura 3). O valor agregado a este produto é, em média, 30 a 40 % maior do que os cafés convencionais. Para pequenos produtores rurais isso significa uma ótima oportunidade de aumentar a capitação de renda em suas propriedades (SILVEIRA, 2016).

Luiz Ricardo Bozzi Pimenta de Sousa, jovem de apenas 20 anos, foi o grande campeão da “Cup of Excellence 2020”. Esse evento é realizado pela Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA), em parceria com a Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (Apex-Brasil) e a Alliance for Coffee Excellence (ACE). Os 30 vencedores poderão comercializar seus cafés por preços superiores ao mercado convencional. Segundo os organizadores e o referido produtor, espera que a conquista inspire jovens e agricultores familiares a seguirem o caminho da qualificação, e pontua (CAFEPPOINT, 2020):

“café especial é um caminho sem volta, com rentabilidade muito grande. E não é só questão de preço, mas também de qualidade de vida, pois quando se trata o solo com mais

carinho, quando há mais respeito com a natureza, nos tornamos seres humanos melhores e passamos a ter melhores produções. Tudo isso foi o que aprendi no Ifes e na BSCA, que foi um divisor de águas para a gente sempre estar motivado a investir mais em qualidade e no bem estar das lavouras e no nosso bem estar, o que é refletido na qualidade final”.

E complementa:

“Fiz curso técnico em agropecuária, o que despertou minha paixão por plantas, cultivares e solo. Na escola, seguimos um princípio agricultura orgânica, sustentabilidade, agroecologia. Isso fez com que eu me apaixonasse pelo setor e quisesse trazer algo diferente e melhor para dentro da propriedade. Foi através desse entusiasmo que começamos o desenvolvimento dos nossos cafés”.



Figura 3. Produção de cafés especiais no Sítio Santa Rita, Espera Feliz.

Observa-se que o futuro da cafeicultura está na qualificação e modernização, e na busca por novos nichos de mercado, onde a sustentabilidade ambiental é uma das prioridades. Estudos comandados por instituições nacionais e internacionais apontam que o futuro da agricultura será determinado pela maneira em que os produtores administram a diversificação da produção agrícola e na sua condução (SILVA, 2019; SOUZA *et al.*, 2020). A diversidade na agricultura possibilita ao agricultor obter renda de outros recursos naturais, especialmente dos recursos florestais madeireiros e não madeireiros, como o plantio de frutíferas.

Entretanto, há de se considerar, que em todas as regiões agrícolas do Estado do Espírito Santo e nas regiões produtoras de café de montanha (Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo), existem problemas visíveis de degradação do solo. A situação é mais grave nas bacias hidrográficas da região noroeste e da região sul capixaba de baixa altitude (CEDAGRO, 2012). A maior parte dessas áreas é de pastagens mal manejadas e que se encontra em condições de relevo acidentado: condição mais propícia à erosão, o que leva a baixa produtividade e à degradação da qualidade do solo (SEAG, 2008).

Assim, a cafeicultura que é a cultura mais importante economicamente no Espírito Santo, tornou-se a grande vilã na degradação do solo, pela forma de se conduzir as plantações: práticas de queimadas, uso irracional de agrotóxicos e manejo dos solos sem cobertura vegetal. A degradação do solo tem início quando se interfere na sua cobertura natural, eliminando-a simplesmente, ou substituindo-a por uma cultura malconduzida (Figura 4).



Figura 4. Área com a cultura do café na região do Caparaó capixaba sem cobertura vegetal e nenhuma prática conservacionista de solo.

O solo, desprovido de cobertura vegetal e da ação fixadora das raízes, exposto ao impacto direto da chuva ou do vento, sofre desagregação (“splash”) e remoção de suas partículas nas enxurradas. Este efeito é complementado pelo escoamento superficial das águas, ou pela abrasão das partículas transportadas pelo vento – comum na medida em que o solo fica compactado (EMBRAPA, 2011; SOUZA, 2018).

Para a conservação do solo e da água, por meio do manejo, recomendam-se práticas conservacionistas fundamentadas em três princípios básicos: a) aumento da cobertura vegetal (reduz a desagregação e transporte de partículas do solo); b) infiltração de água no solo (reduz o escoamento superficial e as perdas de água e solo); e c) rugosidade do terreno (reduz a velocidade e o volume do escoamento superficial e aprisiona os sedimentos da erosão) (Figura 5) (SOUZA, 2018).

O uso de práticas agrícolas e de procedimentos de conservação do solo e da água é importante para a recuperação de áreas degradadas, tais como: análise de solo, rotação de culturas, adubação verde, terraceamentos, caixas secas e quebra-ventos. Todas estas técnicas, vegetativas e mecânicas, associadas, buscam conservar e recuperar solos degradados pela ação do homem; entretanto, a escolha de sistemas de produção ou de práticas conservacionistas de solo e água deve ser feita em função dos aspectos ambientais e socioeconômicos de cada propriedade e região.



Figura 5. Café nas regiões das Montanhas do Espírito Santo. Fonte: CAFEICULTURA DO CAPARAÓ, 2017.

O objetivo deste capítulo é apresentar um plano de manejo para a atividade de cafeicultura, por meio de técnicas de planejamento e de manejo; bem como apresentar procedimentos de recuperação de áreas degradadas por lavouras cafeeiras em áreas de montanha com relevo movimentado.

Para tal fim, utilizou-se a pesquisa “Exploratória”, com a finalidade de proporcionar informações sobre o assunto, evidenciando-o; e a pesquisa “Observatória”, permitindo uma descrição detalhada de experiências de sucesso já vivenciadas.

Há de se considerar, entretanto, que não existe um modelo único para todas as propriedades: há de se analisar as particularidades e peculiaridades de cada unidade produtiva, por exemplo, as condições edafoclimáticas locais.

2. Avaliação dos estádios pré e pós-degradação

Existem várias experiências de sucesso em programas de recuperação. Entretanto, para fazer o monitoramento dos procedimentos de recuperação é fundamental acompanhar as alterações que se processarão no agroecossistema. Considerando o componente “Solo”, uma das formas de avaliar as suas perdas por processos erosivos em áreas degradadas ou recuperadas, para a verificação do estágio da sua recuperação, é possível usar como estratégia a comparação destas áreas com paisagens naturais localizadas na proximidade. Elas representam a memória de uma dada região (SOUZA, 2018).

Tratando-se do processo de implantação de uma dada lavoura, os danos ambientais causados inicialmente são a supressão da vegetação, com o corte raso e o posterior plantio de café no local. Com o uso do solo sem o devido planejamento, sem manejo adequado ou o não uso de práticas conservacionistas, ocorre o esgotamento dos nutrientes e a compactação do solo, seguindo-se o processo de erosão (Figura 6).

Essa estimativa das condições atuais de uma dada lavoura em estágio de degradação pode utilizar como estratégia a comparação destas áreas com paisagens naturais localizadas na proximidade: elas representam a memória dessa região! Deve ser feita

analisando-se as diversas características do local, incluindo clima, topografia, geologia, cobertura vegetal, uso e manejo do solo. Servirá também de base para monitoramento e comparações futuras do local. Caso haja, por exemplo, a evidência de que processos erosivos persistem, evidenciam a existência de problemas hidrológicos no local (SOUZA, 2015; 2018).



Figura 6. Atividade cafeeira: área degradada e ausência de práticas conservacionistas.

O fato é que a cobertura vegetal, a diversidade de espécies e a produtividade da área alterada são habitualmente comparadas com as áreas não perturbadas; ou seja, é uma estratégia que utiliza como abordagem uma “área de referência”. Entretanto, essa estratégia poderá ser problemática, pois:

- a) exige réplicas do ecossistema pré-perturbação; e
- b) envolve comparações entre comunidades de plantas nos seus diversos estádios de desenvolvimento e da comunidade original desse solo com distúrbios.

Uma alternativa é a “abordagem utilitária”, que avalia se a capacidade do solo perturbado ou degradado caso corretamente utilizado, bem manejado e com o uso de práticas conservacionistas, poderá sustentar a capacidade pretendida de uso do solo.

Por exemplo, se o uso futuro do solo escolhido for para a atividade cafeeira, solos recuperados deverão ter produtividade suficiente para garantir ganhos financeiros apropriados para a região, sem efeitos prejudiciais ao ecossistema.

Entretanto, o procedimento correto para o sucesso da recuperação, mais seguro e científico, exige a elaboração de cenários pré e pós-degradação, onde serão estabelecidos os objetivos do processo de recuperação; além do detalhamento minucioso do cenário atual (Diagnóstico ambiental, que em uma área primária, equivalerá ao cenário pré-degradação – poderá ser estabelecido a partir dos Estudos de Impactos Ambientais e do seu Relatório (EIA/RIMA)).

Ou seja, caberá sempre considerar que poderão ocorrer duas (2) situações:

- A área está em sua condição natural, preservada, e será explorada por uma dada atividade; e
- A área já se encontra degradada e será recuperada para nova destinação: atividade comercial, com a introdução de um novo cultivo de café, ou voltada para fins de conservação ou preservação ambiental.

Na primeira condição, será elaborado o Cenário pré-degradação, por meio de um EIA/RIMA, onde será realizado o Diagnóstico Ambiental da área.

Na segunda condição, a área já não tem suas condições originais e encontra-se degradada. Ou seja: na execução do EIA/RIMA, o diagnóstico ambiental presente considerará as condições atuais, sendo necessária uma vasta pesquisa para se elaborar o Cenário pré-degradação: uma alternativa é buscar nas proximidades áreas que apresentem as mesmas características desse local degradado, como relevo, altitude e face de exposição ao sol, observando a vegetação e os variados componentes desse ecossistema, para que se possam pressupor quais eram suas características originais.

Detalhes pormenorizados podem ser vistos no Capítulo 1, Item 4.3., do presente livro.

3. Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)

O processo de recuperação ambiental é complexo, requerendo tempo, recursos (dinheiro, mão de obra e tecnologia) e conhecimento dos diversos fatores relacionados à área a ser recuperada, tais como as características do solo, da água, da fauna, da flora e as modificações inerentes ao processo que ocasionam (ou ocasionarão) o distúrbio. O PRAD deve ter inicialmente seus objetivos bem definidos, ajustando variáveis, tais como: as necessidades legais, o desejo do proprietário do terreno, os aspectos sociais e econômicos. Nunca há de se esquecer de que o objetivo principal é promover a recuperação ambiental do agroecossistema degradado (SOUZA, 2018; ZACARIAS; SOUZA, 2019).

O planejamento inicial prevê a necessidade da confecção de um roteiro que busque a solução rápida, eficiente e econômica para se recuperar as áreas degradadas: faz-se necessário conhecer o passado, analisar o presente e planejar o futuro das áreas a serem reabilitadas. O planejamento deve ser com uma visão de longo prazo. O processo de planejamento deve ser realizado, projetando-se em longo prazo e contemplando sempre uma visão global do problema. Os “pacotes” e “receitas” generalistas não funcionam no caso de recuperação: cada situação específica deve receber um tratamento correspondente. As etapas que serão apresentadas compõem apenas um roteiro simples e básico, que pode ser adaptado para cada caso específico.

Uma das etapas mais importantes a ser considerada é o diagnóstico ambiental, realizado por meio dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA), que permitem o conhecimento da amplitude dos problemas ambientais, sociais e econômicos envolvidos no processo de estabelecimento e condução da atividade cafeeira. A partir desse levantamento, serão definidos os procedimentos de recuperação ambiental da área e elaborado o seu respectivo PRAD. O diagnóstico prévio de aspectos ambientais (biológicos e socioeconômicos) permite que se estabeleçam o prognóstico da área, por intermédio de metas e cronograma de execução para a recuperação ambiental,

dando mais consistência ao PRAD e a seu processo de implantação (ZACARIAS; SOUZA, 2019).

O fato é que um sistema deve favorecer o equilíbrio e a harmonia com a natureza por assemelhar-se ao processo natural de sucessão ecológica e promover metodologias/ferramentas que se enquadre a cada modelo proporcionando manejo e conservação do solo. As tecnologias e práticas conservacionistas utilizadas devem restaurar a harmonia do sistema, ser eficiente e economicamente rentável para o produtor rural, podendo ter a finalidade de melhorar a qualidade do solo (ex: cobertura morta ou viva, compostagem laminar, compostagem ou vermicompostagem, biofertilizante, EM, podas do sistema, adubação verde, entre outros, bem como o controle e, ou, resistência de pragas e doenças (alelopatia, controle biológico, caldas, plantas repelentes, entre outros).

As plantas medicinais, por exemplo, possuem princípios ativos que contribuem para repelência e, ou, controle de certos insetos e, ou, doenças. Possuem princípios ativos que contribuem para repelência e, ou, controle de certos insetos e, ou, doenças. Elas podem ser inseridas no SAF como caldas inseticidas, e, ou, cultivadas na bordadura, a fim de atrair ou repelir determinados insetos e, ainda, poderá contribuir para a qualidade do solo. No geral, essas plantas possuem substâncias aromáticas que atuam de forma positiva ou negativa sobre os insetos: buscar compreender este comportamento poderá proporcionar estratégias interessantes no sistema produtivo. A agroecologia já tem por base a preconização da qualidade do solo como sinônimo de uma planta em equilíbrio e sadia, pois quem não ama o seu solo nunca saberá cuidar da saúde biológica, que é a base de sua fertilidade (PRIMAVESI, 2006; SOUZA, 2018; SOUZA *et al.*, 2020).

Ou seja, a intervenção humana nesse ambiente terá que colaborar de forma a gerar um balanço positivo - por isso, a importância de analisar a eficiência de cada tecnologia e as plantas que serão inseridas neste sistema: se atuarão de forma antagonista ou de forma colaborativa.

É importante considerar que a opção pelos procedimentos sugeridos no PRAD mostra zelo e cuidado com o meio ambiente, com o objetivo de obtenção de produção sustentável, além de protegê-lo para as próximas gerações. O PRAD gera inúmeros benefícios, tais como: várias possibilidades de uso do solo, saúde, segurança e produtividade do meio ambiente; além da redução do custo do processo de recuperação. Além disso, o PRAD evita, também, a improdutividade do solo e desmoronamentos de áreas, mantendo a diversidade ambiental e garantindo a qualidade dos recursos naturais renováveis (SOUZA, 2018).

Caso a opção seja por implantar a nova lavoura sob sistema agroflorestal agroecológico (SAFA), no decorrer do processo sucessional, o manejo terá função fundamental para impulsionar o processo de sucessão. Os princípios práticos de poda serão aplicados em plantas com determinadas funções ecológicas dentro do agroecossistema, como as produtoras de biomassa e fixadoras de nitrogênio, e também para manutenção de espécies em determinado estrato (Figura 7). Espera-se, que com o tempo, a deposição da matéria orgânica irá estimular o desenvolvimento da população microbiana. O acúmulo de matéria orgânica irá influenciar a retenção de água, criando um ambiente favorável para a atividade metabólica microbiológica (SOUZA *et al.*, 2020).



Figura 7. Café em SAFA na Incaper de Pacotuba, Cachoeiro do Itapemirim, ES: podas e produção de matéria orgânica.

De acordo com Melo *et al.* (2017), a adição de serapilheira pode aumentar cerca de cinco vezes a atividade microbiológica no solo. A alta diversidade vegetal do SAFA poderá ser determinante para o aumento do aporte de nutrientes e serapilheira durante o processo de desenvolvimento do sistema, podendo também formar serapilheiras diferentes, determinadas pela característica fisiológica de cada planta, consequentemente, influenciando na qualidade e na fertilidade do solo.

XIAO *et al.* (2017) atestam que o aumento da atividade microbiana é decorrente de maior variedade de detritos com diferentes características químicas disponíveis aos microrganismos decompositores, considerando que os grupos de microrganismos variam em suas capacidades bioquímicas de explorar diferentes recursos, essa variedade de detritos permite uma ampla diversidade de microrganismos, acelerando o processo de liberação de nutrientes para o solo. Poderá haver variação nas atividades microbianas relacionadas à sazonalidade.

Dessa forma, os impactos esperados devem conferir a eficácia de um SAFA para não só aumentar a qualidade do solo, mas também recuperar áreas degradadas: visto que tais áreas se encontram, geralmente, em condições de solo compacto e degradado. Contudo, é necessário confirmar a eficiência destes sistemas, para que seja possível melhor estudar a viabilidade dessas alternativas agroecológicas e contribuir para aumentar a rentabilidade do produtor, sua condição socioambiental e as condições de resistência e resiliência do agroecossistema.

Cabe considerar que, no estado do Espírito Santo e em grande parte das zonas produtoras de café de Minas Gerais, é composto por pequenos agricultores familiares de baixa e média renda, e que precisam conciliar a produção agrícola com a manutenção da saúde do ecossistema, para que dessa maneira seja possível reduzir os custos de produção e aumentar a produção de cafés de qualidade.

O planejamento conservacionista é essencial para se obterem melhores rendimentos na exploração das culturas, visando obter o máximo rendimento da terra por unidade de área plantada, proporcionando o desenvolvimento socioeconômico do produtor rural e sua família, assim como a conservação dos recursos naturais da propriedade

agrícola. A caracterização ambiental e o planejamento de uso das terras da propriedade devem ser feitos por técnicos atuantes na área agrícola (EMBRAPA, 2018).

Os procedimentos iniciais exigidos na implantação e, ou, substituição de uma lavoura, bem como as práticas conservacionistas e os procedimentos de recuperação, passo a passo, recomendados no PRAD, serão descritos: Análise e correção do Solo, Plantio em Nível, Terraceamento, Caixa seca, Adubação Verde em Pré-plantio com Leguminosa (Crotalária-Juncea, Margaridão Mexicano e Feijão Guandu), Quebra-Vento e Manejo do mato de cobertura das entrelinhas, entre outros.

3.1. Análise de solo

É a primeira ação a ser tomada pelo produtor. Após a escolha do local onde será implantada a lavoura cafeeira, a divisão da área é feita buscando-se a homogeneidade na composição dos talhões, levando-se em consideração todos os fatores de constituição e formação do solo, como o histórico de utilização e manejo, localização, o relevo, a exposição do solo a fatores edafoclimáticos e as características visíveis do solo (MESQUITA *et al.*, 2016).

A análise de solo é indispensável para o diagnóstico da fertilidade do solo, possibilitando a recomendação da dosagem de adubos e corretivos necessários para obter rendimentos elevados da cultura (DONAGEMA, 2011).

Segundo Mesquita *et al.* (2016), a amostra de solo para implantação da cultura cafeeira deve suceder-se nas camadas de 0-20 e 20-40 cm na mesma perfuração, a fim de atender a demanda nutricional das plantas a serem inseridas no sistema. Devem seguir os seguintes passos:

Amostra:

- Pequena porção de 400 a 500 gramas de solo, em que a amostra é composta, buscando homogeneidade do talhão onde serão inseridas as mudas de café;
- Divisão da Área: a área deve ser homogênea - tem alguns aspectos para serem levados em consideração, tais como: tamanho da área, que não deve ultrapassar 10 ha, características do solo, cultura, manejo anterior, face de exposição ao sol, e cor e textura do solo;
- Equipamentos: pode-se usar trado, enxada, cavadeira, sonda, entre outros.

Após a coleta do solo, identificar as amostras, de acordo com a o talhão extraído com as devidas identificações, constando o nome do produtor, endereço, cultura e o tipo de análise, física, química comum, ou química com micronutrientes. Após o resultado, deve ser encaminhada para o técnico fazer a recomendação de calagem e adubação.

Será usado o calcário, se precisar, para corrigir a acidez; e a fosfatagem, que adiciona fósforo em área total para aumentar o seu teor em solos muito pobres deste elemento.

De acordo com Mesquita *et al.* (2016), para a técnica de adubação corretiva, recomenda-se a utilização de adubos nitrogenados, fosfatados, potássicos e micronutrientes, e ainda, a associação com adubação verde com leguminosas. A correção da acidez do solo tem efeitos diretos e indiretos sobre a nova cultura, alterando características do solo, tais como:

- A neutralização do alumínio e do manganês, que podem ser tóxicos para as plantas;
- A elevação das concentrações de cálcio e magnésio;
- A elevação do pH;
- O aumento na disponibilidade de uma série de elementos, por exemplo, o fósforo.

É indispensável a análise de solo para fazer a correção e adubação do solo, fazendo que a adubação seja equilibrada e em quantidades corretas, além de aplicadas na época adequada. Há de se considerar que, caso a lavoura a ser estabelecida seja orgânica ou de produção agroecológica, outros fertilizantes deverão ser utilizados. Nesses sistemas de condução, não é permitido o uso de adubos químicos comerciais.

3.2. Plantio em nível

O plantio em curvas de nível, conhecido também como plantio em contorno, consiste na produção ordenada por meio de linhas com diferentes altitudes do terreno. Das medidas de conservação, é considerada essencial e obrigatoriamente aplicável em áreas íngremes. Esta prática promove a conservação do solo contra processos erosivos e contribui com o escoamento da água da chuva: facilita a infiltração no solo, evitando movimentos de massa e promovendo a recarga dos aquíferos, e estimula a microbiota do solo em função da maior umidade (SALEMI, 2009; SOUZA, 2018) (Figura 8).



Figura 8. Curva de nível para plantio de café. Fonte: CAFEPPOINT, 2020.

A delimitação e definição do número de “terraços” são aplicadas de acordo com a declividade do terreno, podendo ser de base larga ou estreita. As curvas de nível devem ser ordenadas perpendicularmente à inclinação da encosta: assim, ajudam a conservar os nutrientes do solo, que são indispensáveis para o sucesso e sustentabilidade da plantação (GALETI, 1984; SALEMI, 2009) (Figura 9).



Figura 9. Área com cafezal cultivado com curvas de nível. Fonte: CAFEPPOINT, 2020.

Para se estabelecer a curva de nível de forma adequada, têm-se vários equipamentos que podem ser usados, tais como: teodolito, nível ótico, trapézio, mangueira de nível e pé-de-galinha. O uso do trapézio é o mais usado por agricultores familiares, pois sua construção é simples e de fácil manejo.

Materiais necessários:

- Sarrafo de 2,5 metros;
- Ripa de 1 metro;
- Nível de pedreiro;
- Borracha para segurar no nível no sarrafo; e
- Prego.

Para construir o trapézio é necessário pregar as duas ripas em cada extremidade do sarrafo e fixar o nível de pedreiro na parte superior do sarrafo (Figura 10).

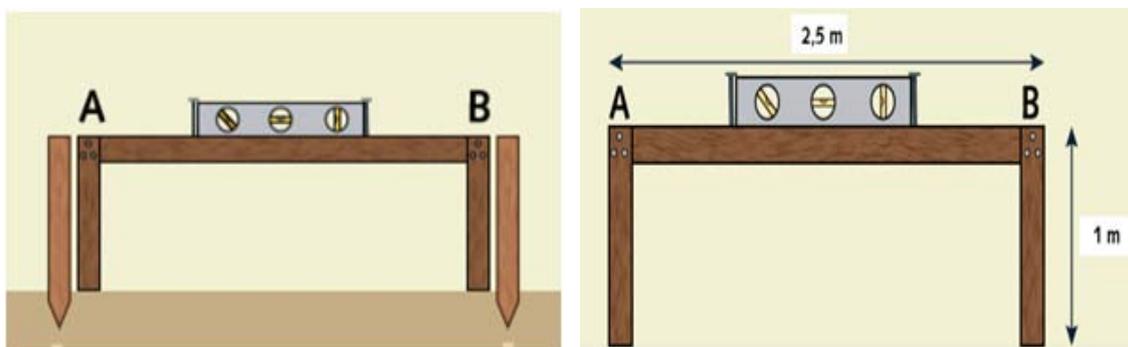


Figura 10. Confeção de um trapézio. Fonte: Mesquita *et al.*, 2016.

Marcação das linhas em nível ou niveladas básicas

Observa-se na Figura 11 como se constrói a nivelada básica.

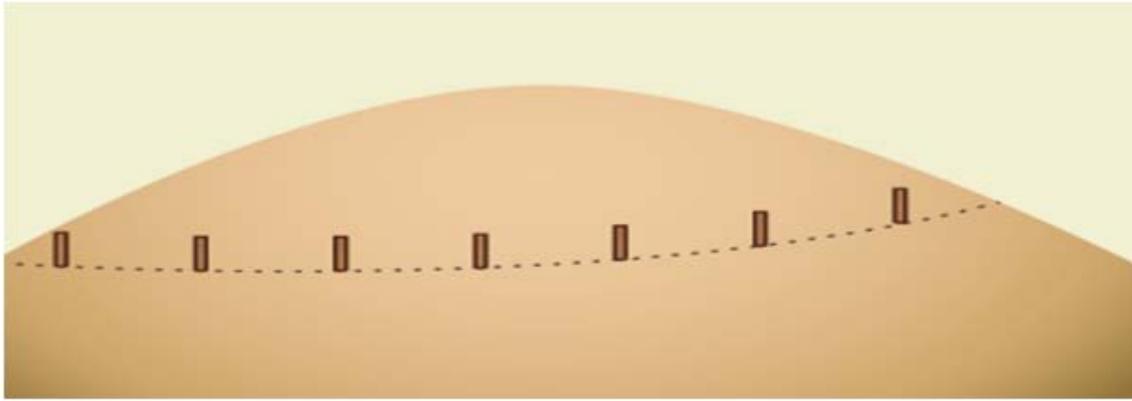


Figura 11. Marcação da nivelada básica. Fonte: Mesquita *et al.*, 2016.

Manejo e procedimentos: passo a passo

Para facilitar o entendimento, serão descritos todos os passos necessários (FERNANDES; BARRETO; EMÍDIO FILHO, 1999):

1. Fincar uma estaca no chão de onde se quer iniciar a marcação das niveladas: aproximadamente, a 40 m do ponto mais alto do terreno;
2. Colocar o lado A do instrumento encostado na estaca e movimentar o lado B até que o sarrafo esteja nivelado pelo nível de bolhas. Colocar uma estaca neste ponto;
3. Girar o instrumento colocando o lado A na frente do B, repetindo a operação, sucessivamente, até o final da linha;
4. Quando houver variação na declividade do terreno, o procedimento deverá ser repetido para construção de uma nova nivelada básica, tomando-se o cuidado de evitar niveladas muito distantes, que diminuem a eficiência da técnica; ou muito próximas, que dificultam os tratos culturais quando ocasionam “ruas mortas”.

O plantio em nível utiliza as próprias plantas para “quebrar a força” da água e não a deixar correr em escoamento superficial, o que promoveria o carreamento dos sedimentos que compõem as frações do solo. A prática é recomendada para terrenos que tenham inclinação de até 5% - acima dessa porcentagem, outras práticas vegetativas e mecânicas devem ser aplicadas (ANCAR, 1974; SOUZA, 2018).

De modo geral, as plantas utilizadas no plantio em curvas de nível, formam um cinturão verde, com espaçamentos estreitos, criando apenas um vão de passagens entre si, para a realização dos necessários tratos culturais: assim, o escoamento superficial e sub-superficial da água não carrega os sedimentos.

Em área declivosa, onde não é recomendado o preparo do solo com máquinas (aração, gradagens e sulcamento mecânico), a limpeza do terreno deve ser em faixas, com roçadas, capinas ou com uso de herbicidas (desde que não seja de produção orgânica e, ou, agroecológica) e, posteriormente, abrem-se as covas com a broca (operação mecanizada); ou manualmente (enxada) (FERRÃO *et al.*, 2012).

3.3. Terraceamento

Para se começar a proteger o solo devidamente, tem-se de criar uma mentalidade conservacionista. Por isso, torna-se vital ter em mente os princípios básicos da conservação do solo.

Principalmente em áreas agrícolas, devem-se considerar os seguintes pontos: em primeiro lugar, procurar manter o solo coberto o máximo de tempo possível durante o ciclo das culturas e após a colheita, com o objetivo de minimizar e, ou, impedir o impacto direto da gota da chuva sobre o solo, que causa a destruição dos agregados do solo (“splash”), o entupimento dos poros e a formação de crosta superficial (BERTOLINI; LOMBARDI NETO, 1994).

Segundo esses mesmos autores, essa crosta, além de dificultar a germinação das sementes, reduz a infiltração da água no solo e contribui para a formação de enxurradas. Em segundo lugar, devem-se adotar práticas agrícolas que mantenham e, ou, elevem a capacidade de infiltração da água no solo e reduzam o escoamento superficial e a formação de enxurradas: outro agente muito importante que acelera a erosão.

A erosão hídrica do solo é o resultado da interação entre os fatores potencial erosivo da chuva (intensidade), suscetibilidade do solo à erosão (erodibilidade), comprimento do pendente, declividade do terreno, manejo do solo, de culturas e de restos culturais e práticas mecânicas conservacionistas complementares (GRIEBELER *et al.*, 2005).

As práticas conservacionistas permitem o controle de perdas de solo e água em áreas agricultáveis, objetivando a maximização do lucro sem provocar redução da capacidade produtiva. A erosão consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela ação da água e do vento, constituindo-se na principal causa da degradação de terras agrícolas (PRUSKI; GRIEBELER, 1996).

Após o desenvolvimento de grupo de estudos do Brasil, no sentido do desenvolvimento de técnicas conservacionistas, a prática da construção dos terraços ganhou força nos anos da década de 1970, sendo utilizado tanto no sistema de preparo convencional com mobilização total do solo, como nos sistemas considerados conservacionistas, citando o “Cultivo Mínimo”, com movimentação do solo verticalmente; e o “Sistema Plantio Direto”, sem movimentação praticamente.

O terraceamento se trata de uma prática que combate a erosão baseada na implantação de terraços que objetivam controlar o volume de escoamento das águas da chuva (Figura 12). Essa é uma prática que deve ser associada a outras práticas de manejo do solo, por exemplo, cobertura do solo com palhada, calagem e adubação equilibrada, rotação de cultura com plantas de cobertura e cultivo em nível.

Essa associação de práticas compõe o planejamento conservacionista da lavoura de café. O custo de construção e manutenção de um sistema de terraceamento é relativamente alto; portanto, antes da adoção dessa tecnologia, deve-se fazer um estudo criterioso sobre as condições locais, tais como clima, solo, sistema de cultivo, cultivares a serem implantadas, relevo do terreno e equipamento disponível, para que se tenha segurança e eficiência no controle da erosão. O rompimento de um terraço pode levar à destruição dos demais que estiverem à jusante, com grandes prejuízos para a área cultivada (SOUZA, 2015).

O terraço tem uma estrutura transversal no sentido do maior declive do terreno, sendo composta de um dique e um canal, retendo e infiltrando nos terraços, a água da chuva (RESCK, 2002; WADT, 2004; BRSCAN, 2016). As características da chuva (quantidade, duração e intensidade); da paisagem (comprimento da rampa, rugosidade do terreno, profundidade e permeabilidade do solo); e práticas de manejo agrícola (mato nas entrelinhas e leiras vegetacionais), são fatores que determinam a distribuição dos terraços (RESCK, 2002; WADT, 2004; BRSCAN, 2016).

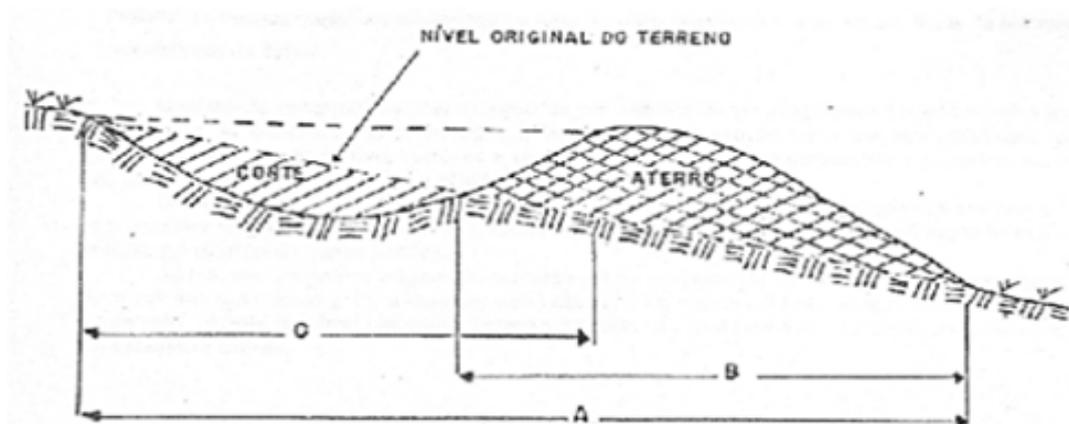


Figura 12. Marcação de um terraço. Fonte: Embrapa ACRE, 2004.

Legenda:

- A: Faixa de movimentação de terra
- B: Camalhão
- C: Canal

Para o cálculo da declividade de um terreno, devem-se levar em consideração algumas medidas a serem tomadas em campo. É necessário escolher dois pontos quaisquer no terreno (ponto a e ponto b). No ponto mais baixo e mais alto do local escolhido, deve-se cravar uma estaca ou qualquer outro material que seja firme; em seguida, marcar a distância horizontal entre os dois pontos e fazer uma marca na estaca. Depois de realizado esse procedimento, deve-se medir a distância entre o chão e a marca feita na estaca (PIRES; SOUZA, 1999; SOUZA *et al.*; 1999).

Um terraço é composto de duas partes (Figura 13): a) canal coletor, de onde é retirada a massa de solo e; b) camalhão ou dique, construído com a massa de solo movimentada do canal.

Os terraços podem ser de base larga (Figura 13 superior) ou de base estreita (Figura 13 inferior). As características do terreno, principalmente a sua declividade e a granulometria do solo, irá definir qual das duas técnicas deverá se usar na lavoura de café que será estabelecida. A seleção do tipo de terraço mais eficiente deve ser realizada de acordo com a topografia do terreno, as características do solo, as condições climáticas, da cultura a ser implantada, o sistema de cultivo utilizado e a disponibilidade de máquinas na propriedade. A principal propriedade do terraço para controle da erosão é que ele tenha capacidade e segurança para reter a água do escoamento superficial (PRUSKI, 2009).

Para realizar o cálculo da construção de um terraço, é necessário dividir a distância vertical pela horizontal, e multiplicar o resultado por 100, de acordo com a Equação 1:

$$D = V/H \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

- D = Declividade (%)
- V = Distância do chão e à estaca
- H = Distância vertical do ponto A e B



Figura 13. Acima. Construção de um terraço. Fonte: Adaptado pelos autores da Secretaria de Agricultura de Minas Gerais, 2020. Abaixo. Terraços de base estreita com acúmulo de água.

Com relação à manutenção, os terraços ao longo dos anos, sofrem transformações causadas por agentes externos, como transporte de máquinas, vento, infiltração de água das chuvas em função de construção de galerias por animais. Outro problema que se observa ao longo dos anos é o acamamento do terraço, perdendo sua forma regular e, conseqüentemente, sua funcionalidade. Diante dessa realidade, são importantes a avaliação periódica e a manutenção regular.

De acordo com Silva (2019), a dimensão dos terraços diz respeito à largura da faixa de movimentação de terra, sendo classificados como: terraço de base estreita, recomendado nas condições de alto declive; terraço de base média, indicado para pequenas e médias áreas, sendo utilizados os arados de disco ou de aiveca para movimentação do solo; e terraço de base larga, recomendado para grandes áreas com declividade entre 6% e 8% - neste caso, requer maquinário de grande porte denominado terraceador agrícola.

Apesar de ser uma técnica conhecida e difundida no Brasil, esse mesmo autor afirma que ainda existe grande dificuldade quanto ao seu uso pela falta de conhecimento da importância da técnica para preservação das áreas agrícolas e, muitas vezes, pelo descaso do produtor agrícola. Um dos maiores problemas verificados a campo é o dimensionamento incorreto para a alocação dos terraços, levando em consideração as características do sistema de produção onde se pretende introduzir, reduzindo, desta forma, a sua eficiência.

De acordo com a topografia da região, recomenda-se que os terraços sigam os seguintes padrões (EMBRAPA, 2018):

- Até 12% - é indicado o uso do terraço de base larga, mesmo em área que, futuramente, seja transformada em pastagens, construído com lâmina terraceadora;
- De 12 a 15% - é indicado o uso do terraço do tipo base estreita, construído com o arado terraceador de discos ou com lâmina terraceadora;
- Acima de 15% - recomenda-se o uso de terraços com faixa viva.

Em função das características de solo, topografia, condições climáticas, cultura a ser implantada, sistema de cultivo e disponibilidade de maquinário, define-se o tipo de terraço que melhor atenderá a cada gleba, buscando-se o eficiente controle da erosão, sem causar transtornos ao agricultor durante as operações agrícolas.

De acordo com a EMBRAPA (2018), as características físicas do solo, a declividade e a intensidade da precipitação determinam se o terraço será de infiltração (em nível) ou com gradiente (em desnível). A declividade do terreno é fator determinante na largura da faixa de movimentação de terra (terraço de base estreita, média ou larga) e na definição se o terraço será do tipo comum ou patamar (acima de 18% de declividade, recomenda-se a construção de terraço do tipo patamar).

Ainda, de acordo com esse mesmo autor, a quantidade, intensidade e distribuição das chuvas são fatores fundamentais no volume do deflúvio superficial, que por sua vez deve ser levado em consideração no dimensionamento da capacidade de retenção e condução de água, assim como no espaçamento entre terraços. As culturas e o sistema de cultivo se relacionam diretamente com a intensidade de mecanização, que orientará na escolha do terraço de base estreita, média ou larga.

As máquinas e implementos disponíveis, assim como a situação financeira do agricultor, condicionam o tipo de terraço em função da maior ou menor capacidade de movimentação de terra. É importante que o terraço seja construído com capacidade e segurança para reter o excedente das águas pluviais, para posteriormente ela se infiltrar, ou na condução disciplinada das águas do deflúvio superficial, independente da sua forma. Os terraços devem receber manutenção periódica, como a limpeza do canal e do camalhão (Figura 14).



Figura 14. Terraços de base estreita em procedimento de manutenção.

Para que o sistema de terraceamento funcione com plena eficiência, é necessário o correto dimensionamento, tanto no que diz respeito ao espaçamento entre terraços, como em relação a sua seção transversal. O espaçamento entre terraços é calculado em função da capacidade de infiltração de água pelos solos, da resistência que o solo oferece à erosão, do uso e manejo do solo, enquanto a seção transversal deve ser dimensionada em função do volume de água possível de ser escoada pela superfície do terreno situada imediatamente acima do terraço. Das águas pluviais que caem na superfície do solo, parte se infiltra e o excedente escoar pela superfície, sendo recolhida pelo terraço. Se em nível, este deverá reter todo o volume de água escoada para posterior infiltração. Quando em desnível, deverá dar vazão ao escoamento superficial de forma disciplinada, sem causar erosão em seu interior (Figura 15).



Figura 15. Detalhe de terraço com gradiente construído com arado de disco. Prados, MG (out/95). Fonte: EMBRAPA, 2018.

Mesmo o terraço sendo a prática conservacionista mais difundida entre os produtores, ainda existe muita erosão nas áreas terraceadas, sendo as seguintes principais causas diagnosticadas (BERTOLINI *et al.*, 1993):

- Utilização do terraço como prática conservacionista isolada: diminui a sua eficiência;
- Dimensionamento do espaçamento entre terraços utilizando tabelas empíricas ou adaptadas de outros países, com número pequeno e insuficiente de informações que não levam em conta as classes de solos identificadas em levantamentos pedológicos mais recentes;
- A maioria dos terraços construídos em nível sem considerar o tipo de solo. Dessa forma, nos solos menos permeáveis, principalmente aqueles com horizonte B textural ou que sejam rasos (profundidade menor do que 0,50 m), ocorrem fracassos, pois o fundo do canal do terraço pode vir a se localizar no horizonte B, que se caracteriza por ter baixa taxa de infiltração, ou no próprio substrato rochoso. Como consequência, a água se acumula no canal até transbordar, causando o rompimento do camalhão do terraço, que é construído predominantemente com material mais arenoso do horizonte A;
- Nos solos com horizonte B latossólico, principalmente o Latossolo Roxo (na nova classificação - Latossolo Vermelho Distroférico típico argiloso e muito argiloso), o uso intensivo e inadequado de máquinas e implementos pesados tem ocasionado a formação de camada compactada e pouco permeável, à profundidade de 0,10 a 0,20 m. Essa camada diminui a infiltração da água da chuva, aumenta o volume da enxurrada e contribui para o rompimento dos terraços devido ao transbordamento de água sobre os camalhões;
- As tabelas em uso não fazem distinção entre tipos de uso da terra, além de culturas anuais ou permanentes, embora as pesquisas tenham mostrado que diferentes culturas anuais e permanentes oferecem diferentes proteções ao solo no processo de erosão;
- As tabelas em uso também não levam em consideração o sistema de preparo do solo e o manejo dos restos culturais. Dados recentes de pesquisas comprovam que diferentes sistemas de preparo do solo e manejos de restos culturais possibilitam perdas de solo e água diferenciadas.
- Frequentemente, o terraço é construído com seção transversal menor que o necessário (ao redor de 0,60 m² a 0,70 m²), fazendo com que, em solos permeáveis, não tenham capacidade suficiente para reter toda a água das chuvas.

Novas tabelas para o cálculo do espaçamento dos terraços foram desenvolvidas em função do efetivo controle da erosão, representando avanço por estarem apoiadas em dados de pesquisas sobre perdas por erosão de solo e água (Tabela 1).

Essas tabelas consideram a cobertura vegetal proporcionada pela época de ocorrência das chuvas (início ou fim do cultivo), os sistemas de preparo do solo e o manejo de restos culturais, além da erodibilidade de classes de solos identificadas em levantamentos pedológicos recentes (BERTOLINI *et al.*, 1993).

Tabela 1. Espaçamento entre terraços de acordo com a declividade.

Declividade (%)	Espaçamento (m)
2	120
4 – 6	90
8	60
10	30
12	24
14 – 24	18

Fonte: BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; BERTOLINI *et al.*, 1993.

3.3.1. Base estreita

Apresentam abertura de até 3 metros de largura: não indicado para áreas de usos extensivos e com declividade inferior a 15% (Figura 16).



Figura 16. Terraço de base estreita no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES.

De acordo com a Epagri (2020), os terraços são construídos em nível, de modo a concentrar toda a água da chuva dentro da lavoura. Essa água se infiltra: parte vai para o lençol freático abastecer os lençóis freáticos; e a outra parte fica armazenada no próprio solo para atender à demanda das culturas. Nos terraços de base larga, o tamanho do camalhão (crista de terra) é calculado para que cada metro linear de terraço seja capaz de receber até 2 mil litros de água, em média.

Outra importante vantagem é a economia de adubo: os terraços evitam que a água escoe pela lavoura, carregando adubo e matéria orgânica. Nas propriedades onde o sistema está consolidado, os nutrientes ficam seis vezes mais concentrados no solo, segundo esses mesmos autores.

Contudo, a construção dos terraços precisa estar aliada a outras práticas de conservação do solo, como o “Plantio Direto”. De acordo com a Epagri (2020), é fundamental ter em cada propriedade um plano de manejo conservacionista no qual sejam planejados os terraços e o sistema de produção com rotação de culturas, prevendo manter a cobertura permanente do solo. Esse planejamento de culturas deve garantir em torno de 12 kg de palha por metro quadrado por ano e raízes para absorver a água do solo: a cobertura do solo permite reter 25 mm a mais de chuva em relação ao solo descoberto.

3.3.2. Base Larga

A faixa de movimentação de terra é de 3 a 6 m, com declividade de até 24%. Seguindo todas estas recomendações técnicas de uso dos terraços nas lavouras, procura-se evitar erosão e perda de solo, acúmulo de água no solo, recarga dos aquíferos, evitar o assoreamentos nos rios, conservando solo e água no cultivo do café (Figura 17).

Tanto os terraços de base estreita como os de base larga devem seguir as seguintes recomendações básicas:

- Os terraços, de base larga (4 m ou mais) ou estreita, também conhecido por “cordão de contorno” (0,90 a 1 m), devem ser construídos em nível ou com um pequeno declive ao longo da encosta;
- Com profundidade em torno de 0,50 m, cujo espaçamento entre eles, pode ser determinado conforme a Tabela 1;
- Deve-se evitar pontos de concentração do escoamento em um único local, posto que favorecerá a origem de processos erosivos, inclusive com formação de voçorocas.



Figura 17. Terraço de base larga construídos em nível: aumento do tempo de concentração da água da chuva dentro da lavoura. Fonte: www.minutorural.com.br, 2020.

De acordo com a Epagri (2020), a prática do terraceamento é uma grande aliada do trabalho de conservação do solo e da água que ela realiza nas propriedades rurais do Oeste Catarinense. Capazes de proteger a lavoura da erosão nas chuvas intensas e armazenar água no solo para períodos de estiagem, os terraços de base larga já somam cerca de 1.000 ha em 80 propriedades rurais da região: são uma das práticas orientadas pela Empresa dentro de um projeto que envolve ações integradas de conservação do solo e da água, conduzido nas regiões de Xanxerê e Chapecó.

A metodologia introduzida pela Epagri se chama Terraço for Windows (Figura 17). Foi desenvolvida pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e validada pela Embrapa de Passo Fundo e agora também pelo grupo de trabalho da Epagri. De acordo com seus técnicos, esse método tem como base a declividade do terreno, a infiltração de água no solo e o histórico de chuvas da região. A tecnologia visa captar e armazenar água no solo e evitar a erosão e a degradação do terreno, com o objetivo de obter maiores ganhos de produtividade e rentabilidade das lavouras, além dos ganhos ambientais e sociais.

3.3.3. Microterraceamento

Aliado ao árduo trabalho manual exigido pela cafeicultura em regiões de montanha se constata a escassez e o alto custo da mão de obra local. Assim, os cafeicultores são forçados a buscar trabalhadores em outras regiões, aumentando o custo de produção. O elevado custo de produção é um dos maiores problemas da cafeicultura de montanha do Espírito Santo (GALEANO; KROHLING, 2018).

A declividade do terreno dificulta a mecanização tradicional com equipamentos tratorizados. Para contornar esse problema, pode-se adaptar o terreno, o manejo da lavoura ou ainda as máquinas à situação de declive das áreas: o microterraceamento é alternativo para adaptação do terreno! Consiste na abertura de terraços de 1,2 m a 1,5 m de largura entre as linhas do cafeeiro, que permitirão a entrada de microtratores com diversos implementos. Isso facilitará o plantio, tratos culturais e colheita, reduzindo custos de implantação e manutenção com a mão de obra manual (CNA, 2018).

Outro ponto a ser considerado se refere à adaptação do manejo das plantas, permitindo o uso de mecanização com máquinas automotoras para tratos culturais e colheita, a semimecanização dos tratos culturais e a facilitação dos tratos manuais (Figura 18) (THOMAZIELLO; PEREIRA, 2008; MATIELLO *et al.*, 2016).

Diversos cafeicultores de regiões declivosas do Espírito Santo e Minas Gerais iniciaram a implantação dessa técnica com uso de trator de pneus com lâmina dianteira e traseira, trator de esteira (Figura 18) e do tipo “Bobcat”, operando com concha e lâmina. Pequenos produtores podem, ainda, construir microterraços com tração animal ou realizar a abertura manual com enxadão (MATIELLO *et al.*, 2016).

Como a introdução do uso de qualquer tipo de mecanização interfere no custo de produção da lavoura, o estudo dessa prática e do custo a curto, médio e longo prazo é de grande importância para se tomar a decisão. Sua contribuição ao meio ambiente, quando adotada de forma correta, pode ser observada na maior infiltração da água da chuva, propiciando a conservação do solo, diminuindo a erosão e preservando as condições de fertilidade das lavouras (MAGALHÃES, 2013; EUTRÓPIO; KROHLING, 2018).

O microterraceamento proporciona melhores condições de trabalho, mesmo quando realizado de forma manual nos tratos culturais como adubações, podas e colheita, com uso de motopodas e derriçadeiras portáteis, preservando a saúde e promovendo a qualidade de vida do trabalhador (KROHLING *et al.*, 2018).

Podas constantes nas lavouras têm sido muito utilizadas nas regiões do sul de Minas Gerais e no Cerrado (áreas mecanizadas) visando zerar a safra no ciclo de baixa produção. Esse sistema recebeu o nome de “Safra Zero” ou “Super Safra”, pois é preciso promover safras altas para obtenção de altas produtividades médias, alternada com a safra zerada pela intervenção da poda. Normalmente as podas de esqueletamento e decote são usadas simultaneamente na lavoura. Entretanto, esse modelo de manejo ainda é pouco utilizado nas regiões de montanhas de produção de arábica, devido à dificuldade de adaptação das máquinas ao terreno declivoso (KROHLING; SOBREIRA, 2018).

De acordo com esses mesmos autores, o bom rendimento da colheita semimecanizada em café arábica também foi constatado na Região das Montanhas do Espírito Santo, tanto em lavouras implantadas em curva de nível, quanto em “morro acima” com uso de máquina recolhadora de lona. O sistema simultâneo de colheita

semimecanizado com poda no sistema “Safr Zero” na região de montanhas pode ser aplicado para reduzir custos e facilitar a colheita.



Figura 18. Construção de microterraceamento em uma lavoura cafeeira. Fonte: CAFEPOINT, 2020.

Alves; Pereira; Dalchiavon (2017) realizaram estudo de caso com uso de terraceamento na Região de Montanhas de São Paulo e concluíram sua viabilidade econômica, principalmente pela redução do custo de produção, por meio da diminuição da mão de obra, tanto nos tratos culturais como na colheita. Estudo realizado por Bordin *et al.* (2019) em lavoura de primeira safra, comparando a colheita manual e mecanizada, mostrou que os danos causados pela colheita manual ou mecânica não interferem na produção da safra seguinte.

De acordo com Matiello (2019), a técnica de microterraceamento em cafezais é uma das mais promissoras opções de manejo, tendo evoluído de forma significativa nos últimos anos: seja na ampliação dos sistemas e maquinário para sua execução, seja no aumento da área trabalhada, dando base e segurança para seu uso extensivo, na cafeicultura em áreas montanhosas (Figuras 19 e 20).



Figuras 19 e 20. Vista geral e detalhe de microterraceamento em lavoura de café arábica, em Marechal Floriano, ES. Fonte: TRISTÃO *et al.*, 2019.

Segundo Matiello (2019), o microterraceamento, diferentemente do terraceamento tradicional, visa principalmente, facilitar o trânsito e a mecanização dos tratos das lavouras de café, em zonas montanhosas, nas quais a exploração vem sendo feita de forma manual, com custos mais elevados. A partir do momento em que o terraço é aberto nas ruas do cafezal, podendo ser feito antes do plantio ou após, na lavoura em formação ou já adulta, o trabalho de manejo e colheita serão bastantes facilitados. O espaçamento mais adequado, para facilitar o manejo, deve ser em torno de 3 – 3,5 m na rua, dando origem a um terraço um pouco mais largo (Figura 21).



Figura 21. Vista geral de área microterraceada antes do plantio do café, em espaçamento de 3 x 0,5m. Fonte: Matiello, 2019.

De acordo com Matiello (2019), os sistemas de abertura dos terraços podem ser os mais diversos: desde com o uso do próprio enxadão, manualmente; ou com uso de arado de bois ou microtratores operando de ré (nas pequenas propriedades). Para as áreas de maior tamanho, pode-se usar o trator normal, com lâmina traseira, operando também de marcha ré, ou, ultimamente, com maior segurança, com uso de trator de esteira, de menor potência e mais estreito, este operando com lâmina dianteira e andando para frente, resultando em bom rendimento operacional e um custo bem compatível.

Máquinas tipo escavadeira também podem ser usadas, existindo no mercado uma mini-escavadeira, com esteira de borracha e bem estreita, podendo ter até menos de 1 m de largura. Deste modo, é útil para usar em lavouras que tenham espaçamentos mais apertados na rua.

As primeiras lavouras microterraceadas já têm mais de cinco (5) anos. Tem sido observado que os terraço melhoram bastante a retenção de água na área, reduzindo a erosão. O pequeno barranco deixado, do lado acima do terraço, consolida-se rapidamente, sem prejuízo para o sistema radicular dos cafeeiros.

3.4. Tecnologia de curvas de nível com “cochinhos”

Segundo a Prefeitura Municipal de Atílio Vivácqua, por intermédio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, o “Projeto Cochinhos em curva de nível” foi o único representante do Espírito Santo entre os quatro finalistas da Campanha Nacional de

Combate à Erosão, promovida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Tem como objetivo incentivar a construção de estruturas para captação de água em propriedades rurais do município e, assim, promover a recuperação de pastagem e de solos com erosão. Como se observa na Figura 22, a água captada é direcionada para o interior da lavoura de café. Infiltrando no solo, irá beneficiar de forma significativa a lavoura, bem como aumentará a recarga do lençol freático, perenizando as nascentes e regularizando a vazão dos corpos hídricos.



Figura 22. Cochinho em nível da pastagem ao interior da lavoura de café. Fonte: Embrapa Sorgo e Milho – Projeto Barraginhas, 2020.

Além dos benefícios clássicos do terraceamento, os cochinhos vêm sendo muito utilizados para distribuir água residuária do beneficiamento do café no perfil do solo onde se tem uma lavoura estabelecida. (Figuras 23 e 24).



Figuras 23 e 24. Construção de um “cochinho” em uma lavoura cafeeira. Fonte: CAFEPOINT, 2020.

3.5. Caixa seca ou “barraginhas”

Este sistema consiste na instalação de um reservatório na margem de estradas rurais para captação das águas de chuva, visando evitar enxurradas, a erosão, o assoreamento dos córregos e rios, bem como reduzir a depredação das estradas pela chuva. Ainda, aumentar o armazenamento de água, o abastecimento do lençol freático, além de favorecer as nascentes e a vazão dos rios (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008; SOUZA, 2015).

De fato, nada mais é que um “buraco” cavado em encostas nas margens das estradas que capta a água da chuva e os sedimentos por ela levados. Este método evita enxurradas, voçorocas, assoreamento dos rios e depredação das estradas. Além disso, contribui para o abastecimento do lençol freático e a regularização da vazão dos rios (Figuras 25 e 26).

Alguns cuidados e precaução deverão ser tomados para a construção de uma caixa seca:

- a) Manter as estradas e arredores da caixa, sempre cobertas por vegetação e fazer o controle do mato com roçadas, evitando erosão e assoreamento;
- b) Manter os canais de ligação entre as estradas e as caixas secas sempre limpos;
- c) Não construir caixas em solos arenosos e em solos rasos, com camadas rochosas, evitando desmoronamento e enchimento rápido das caixas secas.

Em áreas de café implantados em áreas de relevo muito acidentado, como na região serrana do Espírito Santo e nas Matas de Minas, a construção de caixas secas deve ser de formato trapezoidal ou retangular, construído as margens das estradas rurais. Quando a estrada tiver pouca cobertura vegetal, as caixas deverão ter um sistema de drenagem para eliminar o excesso de água e detritos que venha a cair dentro da caixa.

A construção dessas caixas deve ser baseada de acordo com cálculos de vazão, capacidade em m³ de sedimentos que a mesma deve suportar, e a localização ideal para a instalação. Na cultura cafeeira costumam ser feitos no final entre as fileiras na parte externa ou nos carregadores da lavoura (PELLISSARI; PERINI; MIRANDA, 1997; ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008).



Figuras 24 e 25. Construção de barraginha em lavoura cafeeira e na margem de estrada. Fonte: LEAL; FERNANDES; PEREIRA, 2012.

O tamanho da caixa seca e o espaçamento entre elas serão determinados pelo volume de água captada diretamente pelas estradas. A equação (2) é usada para o dimensionamento de uma caixa seca:

$$V = A \times P \times C \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

V = Volume total da água escoada a ser armazenada pelo sistema de captação (m³);

A = Área da estrada (m²);

P = Precipitação de projeto (mm);

C = Coeficiente de escoamento superficial da água na estrada (adimensional).

A caixa seca é um método muito eficiente para conservação do solo e água: além de evitar erosão, assoreamento dos rios, ajuda abastecer o lençol freático e conservar as estradas (Figura 26).

Também, poderão ser construídas em depressões da área onde se fará o plantio, observando o caminho preferencial das águas de chuva - facilmente identificáveis devido à formação côncava onde se originam, formando pequenos canais naturais na paisagem. Em lavouras de café, a produtividade na área de alcance das barraginhas, a produtividade por ser até duas vezes superior aqueles fora de sua área de abrangência (SOUZA *et al.*, 2020).



Figura 26. Caixa seca no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Sítio Jaqueira Agroecologia.

3.6. Adubação verde (pré-plantio com leguminosas)

Nas últimas décadas, tornou-se crescente a busca por alternativas de manejo que cooperem para a manutenção ou melhoria da qualidade do solo com incrementos na produtividade. Deverão proporcionar benefícios ao meio ambiente e menores custos de produção pela redução do uso de fertilizantes químicos (TEIXEIRA *et al.*, 2012).

A adubação verde surgiu como uma opção: é uma prática milenar utilizada por muitos agricultores nos dias atuais com o objetivo de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, produtividade e qualidade das culturas de interesse econômico. Funciona também, no manejo de plantas espontâneas, na adequação da propriedade para implantação do sistema de produção agroecológico e, ou, orgânico e, principalmente, com o objetivo de redução dos custos de produção.

Um dos seus principais e mais importantes benefícios, está relacionado ao uso de espécies de plantas, principalmente da família Fabaceae ou Leguminosae, que se associam a bactérias fixadoras de nitrogênio do ar, retirando o nitrogênio (N) do ar e disponibilizando-o no solo para as plantas. A fertilidade do solo e o uso inadequado de calagem e adubações, principalmente com N, são considerados os principais fatores responsáveis por baixas produtividades em áreas destinadas à produção (SOUSA *et al.*, 2018; MARTINS *et al.*, 2019).

De acordo com esses mesmos autores, o N é um macronutriente essencial para o pleno desenvolvimento vegetal e um dos seus maiores limitantes. Adubações nitrogenadas e a decomposição de matéria orgânica controlam a disponibilidade de N no solo para as plantas, sendo que, quando são utilizadas culturas com baixa relação entre carbono e nitrogênio na matéria seca, em rotação, a decomposição e a mineralização são mais rápidas e a ciclagem do N ocorre em curto período de tempo, diminuindo, entretanto, a proteção do solo. Por outro lado quanto mais altos forem a relação C/N nos resíduos, mais lenta será a decomposição.

Dessa forma, o uso da adubação verde é uma alternativa sustentável em modelos de produção, também, no cultivo do café. Os benefícios das culturas de cobertura foram observados por vários autores, evidenciando melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo (EIRAS; COELHO, 2011; SOUSA *et al.*, 2018; MARTINS *et al.*, 2019). Entre os efeitos da adubação verde sobre a fertilidade do solo, destacam-se: o suprimento de matéria orgânica; maior disponibilidade de nutrientes; e maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo. Além disso, tais alterações são importantes no ciclo orgânico natural, regulando processos biogeoquímicos e facilitando relações simbióticas (CARDOSO *et al.*, 2014; SOUSA *et al.*, 2018).

Dentre as plantas utilizadas na adubação verde, destacam-se algumas leguminosas: crotalária (*Crotalaria juncea*), lab-lab (*Dolichos lablab*), mucuna preta (*Mucuna aferrima*) e puerária (*Pueraria phaseoloides*). Estas espécies apresentam a capacidade de fixar biologicamente o nitrogênio e disponibilizá-lo para a cultura sucessora (TEODORO *et al.*, 2011; EIRAS; COELHO, 2011; FERRARI NETO *et al.*, 2012). Sejam espécies de porte arbóreo, arbustivo ou herbáceo, tais exemplares apresentam alto grau de rusticidade, elevados acúmulos de biomassa, atuando ainda como reguladoras da temperatura e umidade do solo e na proteção dos riscos de erosão.

Além disso, elevam a eficiência na ciclagem de nutrientes, principalmente pela alta relação de C/N, favorecendo culturas agrícolas e silviculturais (BERNARDES *et al.*, 2010; LEITE *et al.*, 2010). Para tanto, é preciso conhecer as peculiaridades de cada exemplar, além de suas respostas diante das diferentes condições e consórcios na qual será implantada (CARVALHO *et al.*, 2015; TORRES *et al.*, 2015; MIRANDA *et al.*, 2018).

A análise da ciclagem de nutrientes surge como instrumento para conhecer a dinâmica dessas relações, indicando o poder de estabelecimento e suporte ecossistêmico de cada indivíduo. É possível também, avaliar a qualidade e quantidade do serviço de

manutenção, acréscimo de nutrientes e estoque de carbono no solo (VITAL *et al.*, 2004).

Vários estudos vêm demonstrando que a técnica de adubação verde é responsável pela melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Leguminosas que utilizam da associação de bactérias fixadoras de nitrogênio o transferem para a planta e estimula o desenvolvimento da população de fungos micorrízicos: esses aumentam o volume de raízes, favorecendo a absorção de água e de nutrientes pelas raízes. A fixação de nitrogênio pode ser obtida, também, por intermédio da inoculação prévia das sementes; porém, é uma técnica mais onerosa (EMBRAPA, 2011; ZACARIAS *et al.*, 2019).

Além das referidas características citadas, as leguminosas são escolhidas por ser rústicas, terem elevada produção de matéria seca e graças ao seu sistema radicular, geralmente profundo e ramificado, são capazes de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo e, quando decomposta, retorna esses nutrientes ao solo (Ciclagem de nutrientes), sendo importantes fontes de matéria orgânica, de excelente qualidade (ARF *et al.* 1999; SOUZA, 2018).

No novo conceito de agricultura sustentável, agricultores precisam perceber a importância de valorizar a saúde geral do agroecossistema e de restabelecer relações biológicas que podem ocorrer naturalmente na unidade produtiva (SANTILLI; BUSTAMANTE; BARBIERI, 2015). As leguminosas fabáceas são as mais divulgadas como adubos verdes: muito em decorrência da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Diversas outras espécies, tais como as gramíneas (poáceas), crucíferas e compostas, são denominadas mais frequentemente como plantas de cobertura do solo (ANGELETTI *et al.*, 2018).

Fernandes; Barreto; Emídio Filho (1999) apontam ainda como características favoráveis da utilização da adubação verde com leguminosas, o efeito alelopático e supressivo sobre as plantas daninhas, como ocorre com o feijão-de-porco, a crotalária e a mucuna-preta. Dentre as leguminosas promissoras para a prática da adubação verde em consórcio com o cafeeiro, destacam-se: a *Crotalaria juncea* (Crotalária-juncea), o *Cajanus cajan* (Feijão-guandu), a *Mucuna pruriens* (Mucuna-preta), a *Glycine Max L.* (Soja) e a *Tithonia diversifolia* (Margaridão mexicano). Essas espécies apresentam desenvolvimento vegetativo eficiente, com boa adaptação em condições adversas, tais como a baixa fertilidade e altas temperaturas (PEREIRA *et al.*, 2017).

Conforme ANGELETTI *et al.* (2018), a disponibilidade de várias espécies de plantas de cobertura, adaptadas às distintas condições agroclimáticas, colaboram com a manutenção da biodiversidade e a diversificação de produtos agrícolas, com a diminuição dos custos, dos riscos ambientais e econômicos e com a manutenção efetiva da sustentabilidade, em qualquer atividade agrícola.

Entretanto, o exemplo de seu uso por diversos autores, faz da utilização da adubação verde associada à espécie *Coffea arabica* L. ter sido controverso, uma vez que pode não beneficiar, ou até mesmo ser prejudicial. No entanto, algumas literaturas, discorrem que após prejuízos iniciais, acometidos na execução dessa prática, obtiveram-se acréscimos produtivos (FRANCO *et al.*, 1960; FRANCO e LAZZARINI, 1967; LAZZARINI e NEME, 1967; REIS e ARRUDA, 1974; LOMBARDI-NETO *et al.*, 1976; MELLEES *et al.*, 1979; REIS e ARRUDA, 1980; SOUZA, 2018).

Dessa forma, a escolha da espécie de adubo verde a ser plantada se torna muito importante, pois cada uma tem características diferentes, como plantio de

inverno/verão, clima, aporte de massa verde e massa seca, aporte de nitrogênio e manejo como podas. O manejo dos adubos verdes também é muito importante, como a crotalária, o feijão-de-porco e o feijão guandu, são algumas das espécies utilizadas em consórcio, ou mesmo antes do plantio do café, de acordo com a (Figuras 27 e 28).



Figuras 27 e 28. Leguminosa em uma lavoura cafeeira.

Algumas espécies utilizadas na cultura do café serão destacadas:

***Crotalaria juncea* – (Crotalária-juncea) (ANGELETTI *et al.*, 2018).**

Tem como principais características e benefícios:

- Promover a fixação biológica de nitrogênio atmosférico no solo;
- Possuir rápida decomposição e mineralização de nitrogênio após o manejo da biomassa;
- Ser eficiente no controle de nematoides;
- Conservar a umidade da camada superior do solo, onde se concentra as raízes das plantas, proteger a insolação.

Será apresentada a matéria seca produzida pela crotalária-juncea (Quadro 1).

Quadro 1. Massa da matéria seca (t/ha) pela crotalária-juncea.

ESPÉCIE	MASSA DA MATÉRIA SECA (T/HA)	N (%)	P (%)	K (%)	CA (%)	MG (%)
CROTALÁRIA- JUNCEA	7,51 - 9,36	1,38	0,23	1,24	0,96	0,55

Fonte: ANGELETTI *et al.*, 2018.

CUIDADOS: Podar e, ou, incorporar quando a planta estiver florida - pela maior produção de massa e para evitar a produção de sementes que poderão competir com o cafeeiro.

***Tithonia diversifolia* – (Margaridão mexicano) (LOPES, 2000)**

Tem como principais características e benefícios:

- Promover a fixação biológica de nitrogênio atmosférico no solo;
- Exercer função alelopática;
- Possuir rápida decomposição e mineralização de nitrogênio após o manejo da biomassa;
- Ter ação nematicida - *T. diversifolia* vem sendo estudada sobre sua ação nematicida. Já existem estudos que apontam redução na eclosão de *Meloidogyne incognita* em 92,48%, utilizando-se extrato de *T. diversifolia*;
- Ter potencial de extração do fósforo contido nas partículas do solo.
- Conservar a umidade da camada superior do solo: a cobertura verde ajuda onde se concentram as raízes das plantas, bem como protegê-las contra extremos de temperatura e excesso de insolação.

CUIDADOS: Podar e, ou, incorporar quando a planta estiver florida - pela maior produção de massa e para evitar a produção de sementes que poderão competir com o cafeeiro.

Será apresentada a matéria seca produzida pelo feijão-de-porco (Quadro 2).

Quadro 2. Massa da matéria seca (t/ha) pelo feijão-de-porco.

ESPÉCIE	MASSA DA MATÉRIA SECA (T/HA)	N (%)	P (%)	K (%)	CA (%)	MG (%)
FEIJÃO-DE-PORCO	6	3,5	0,37	4,1	1,71	0,63

Fonte: LOPES, 2000.

***Cajanus cajan* – (Feijão-Guandu) (RAMOS, 1994)**

Tem como principais características e benefícios:

- Promover a fixação biológica no solo.
- Possuir rápida decomposição e mineralização de nitrogênio após o manejo da biomassa.
- Exercer como subsolador biológico, rompendo com suas raízes as camadas compactas do solo.
- Promover exsudação radicular: são responsáveis pela solubilização e disponibilização do fósforo combinado com o ferro.
- Obter a cobertura verde ajuda conservar a umidade da camada superior do solo, onde se concentra as raízes das plantas, proteger a insolação.
- Ter sistema radicular rigoroso.
- Funcionar como quebra-vento e proteção de mudas contra a insolação.
- Ser má hospedeira de alguns nematoides (*meloidogyne*).
- Apresentar rapidez na cobertura do solo.
- Controlar plantas espontâneas.

Será apresentada a matéria seca produzida pelo feijão guandu (Quadro 3).

Quadro 3. Massa da matéria seca (t/ha) do feijão guandu.

ESPÉCIE	MASSA DA MATÉRIA SECA (T/HA)	N (%)	P (%)	K (%)	CA (%)	MG (%)
FEIJÃO GUANDU	4,68 – 4,82	1,84	0,27	2,95	0,84	0,37

Fonte: RAMOS, 1994.

CUIDADOS: Podar e, ou, incorporar quando a planta estiver florida - pela maior produção de massa e para evitar a produção de sementes que poderão competir com o cafeeiro.

Em termos nutricionais, a cultura cafeeira se apresenta como uma das mais exigentes. De acordo com a produção, pode extrair altas quantidades de macronutrientes por ano, principalmente nitrogênio e potássio. Outros elementos, tais como cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e os micronutrientes, são absorvidos em menores quantidades (FERRÃO *et al.*, 2012).

O uso da adubação verde vem como uma boa opção para melhorar a parte nutricional do solo. Além desse benefício, promover a cobertura de solo, ser uma excelente opção de rotação de cultura, melhorar a estrutura do solo, aumentar a matéria orgânica, fornecer N para as plantas de interesse econômico, via simbiose com algumas bactérias, estimular o desenvolvimento da microbiota do solo, além de conservar a sua umidade.

3.7. Quebra-vento e, ou, cercas vivas

As “Cercas-vivas” e os “Quebra-ventos” têm funções semelhantes na cafeicultura:

- Cercas vivas: são fileiras de árvores altas, de folhagem densa, que se planta contornando uma propriedade agrícola para proteção de ventos externos.
- Quebra-ventos: são fileiras de árvores altas plantadas ao redor de talhões visando proteger de ventos fortes que afetam a plantação de diversas formas: injúrias em folhas e frutos, diminuição de umidade, controle de geadas, e principalmente, para o nosso caso de manejo de pragas, diminuição de infestação de pragas e doenças que são trazidas na corrente de vento por imigração.

Assim, o quebra-vento é uma barreira vegetal usada para proteger as plantas contra a ação de ventos fortes, além de proporcionar um ambiente favorável à produtividade das lavouras e dos animais. O objetivo principal do quebra-vento é reduzir a velocidade do vento (CONCEIÇÃO, 1996; FRANÇA e OLIVEIRA, 2010).

A indicação de uma dada espécie deve considerar o fato de que seja a que mais se aproxima da árvore ideal para quebra-ventos, que deve ser: ereta, perenifolia, de rápido crescimento, pouco agressiva na competição radicular e de copa não muito densa.

Quebra-ventos arbóreos são definidos como barreiras constituídas de renques de árvores dispostos em direção perpendicular aos ventos dominantes. Essas barreiras são plantadas principalmente com a finalidade de reduzir a velocidade do vento e,

assim, melhorar as condições ambientais para o desenvolvimento das culturas (SOUZA, 2018).

Para maximização dos seus efeitos benéficos, os quebra-ventos devem ser bem planejados antes de sua implantação, obedecendo aos seguintes requisitos básicos (CONCEIÇÃO, 1996; FRANÇA e OLIVEIRA, 2010):

- Analisar a direção do vento e definir a localização dos quebra-ventos;
- Fazer a barreira perpendicular à direção do vento para a proteção dos cultivos;
- A altura deve ser duas a três vezes mais altas do que o cultivo a ser protegido;
- A razão comprimento/altura deve ser no mínimo 20:1 para uma adequada redução da velocidade do vento;
- Preferencialmente, utilizar árvores ou espécies de diferentes alturas, partindo da menor para a maior, de tal forma a direcionar o vento para camadas superiores; e
- A densidade deve ser de 30 a 40% de penetrabilidade do vento.

Na Figura 29, observam-se bananeiras atuando na função de quebra-vento.

O foco de medidas devem ser as áreas problemáticas, que sofrem com ventos frios continuados, evitando prejuízos diretos e indiretos sobre a plantação do cafezal, principalmente nas plantas mais novas: são as mais prejudicadas pelo vento. Para a cultura cafeeira, recomenda-se a utilização de plantas como a crotalária para cafés novos, e deve ser feita com renques plantados a cada 3-4 ruas do cafezal, desde o plantio até o segundo ano da lavoura (OLIVEIRA, 2009). Para lavouras adultas na região serrana do Espírito Santo, tem-se utilizada árvores, tais como: eucalipto e frutíferas (abacate, tangerina ponkan e banana).

Segundo esse mesmo autor, estas barreiras são muito importantes para evitar danos físicos para áreas foliares, dessecação dos solos, disseminação de pragas e doenças, evitar o ataque da cercosporiose e *phoma*, também muito importante para evitar a disseminação do ácaro e ferrugem no cafeeiro. Em épocas de floração, os ventos podem ser altamente danosos, havendo perdas significativas na produção do ano seguinte.



Figura 29. Bananeiras funcionando como quebra-vento.

3.8. Manejo do mato

O mato presente na cultura do café, contrariamente do que se pensava em tempos passados, é bastante favorável para o ambiente do agroecossistema café. Contribui para: aumento da umidade; diminuição da temperatura; favorecimento à microfauna do solo; promove boas condições para fungos patogênicos e fungos parasitoides de pragas que atacam o cafeeiro; auxilia no aumento de matéria vegetal, tais como: teores de matéria orgânica e ajuda na ciclagem dos nutrientes, deixando-os acessíveis à planta. Acima de tudo, contribui para atração de insetos de controle biológico, principalmente da ordem himenóptera, que abrange vespas e marimbondos, que promovem o controle do bicho-mineiro e ácaros, entre outros (VENTURA *et al.*, 2007; ZACARIAS *et al.*, 2019).

Assim, o “mato” se tornou um aliado importante na conservação do solo e água e na fertilidade do solo, melhorando a produtividade das lavouras cafeeiras: o termo controle de mato já não é tanto usado entre os agricultores. Alguns diziam que o ideal seria os cafezais ficarem “no limpo”, para não haver competição de nutrientes, com isso havia uso constantes de enxadas, grades, rotativas, deixando o solo exposta ao sol e à erosão (Figura 30).

Atualmente, o “Controle do Mato” vem sendo substituído pela técnica “Manejo do Mato”, que se concentra em dois pilares: manter a linha do café sem plantas daninhas vivas, mas coberta por palhada; e a entrelinha sempre com mato - quanto mais mato se produzir, melhor. A ideia é produzir mato na entrelinha para colocá-lo na linha do café formando um “colchão” de material vegetal morto (Figura 31).

Com isso, a linha do café permanece sempre coberta por palhada e a entrelinha por plantas daninhas crescendo e sendo continuamente roçadas, repondo nutrientes anteriormente perdidos por erosão superficial no solo exposto: agora são aproveitados pelo mato e devolvidos ao café em forma de matéria orgânica (CAFEPPOINT, 2020).



Figura 30. Lavoura cafeeira recém-implantada com braquiária nas ruas. Fonte: CAFEPPOINT, 2020.

Este manejo nas entrelinhas há alguns anos era proibida, pois era conhecido como competidor de nutrientes e água com o cafeeiro. Em contrapartida, novas técnicas foram se aperfeiçoando e a utilização do mato na linha do café se torna algo preciso para melhorar a produção e primordial à sustentabilidade do meio explorada à produção de café.



Figura 31. Mato nas entrelinhas do cafezal da fazenda do Sistema APRomero, em São Roque de Minas.

De acordo com Zacarias *et al.* (2019), o mato ajuda na cobertura vegetal e a decomposição da matéria orgânica é disponibilizada às plantas em forma de nutriente pelo processo de ciclagem, realizado por microrganismos no solo (Figura 32).



Figura 32. Manejo do mato nas entrelinhas do cafezal em fazenda do Grupo A P Agrícola (Sistema APRomero), em São Roque de Minas.

Também, funciona como alojamento de inimigos naturais que combatem as pragas e doenças prejudiciais ao cafeeiro, aumento da umidade do solo, amortecimento da água da chuva evitando erosão e favorecendo a sua infiltração no solo, conseqüentemente, elevando os níveis do lençol freático e disponibilizando água à cultura. Contudo, há de se considerar, as técnicas deixam evidente que o mato não pode crescer espontaneamente, há que se faça o manejo adequado por meio de roçadas evitando que cresça próximo à saia do cafeeiro, fator que favoreceria a competição do mato ao café (Figura 33).



Figura 33. Manejo do mato nas entrelinhas do cafezal em uma das fazendas do Sistema A P Agrícola (APRomero), em São Roque de Minas.

De modo geral, seja qual for o manejo agrícola que seja aplicado, desde que seja o correto, é favorável à cultura. Contudo, é necessário sempre buscar o equilíbrio entre produção e preservação, aonde ambos irão se manterem em vantagem. No entanto, historicamente, a técnica do manejo do mato não era permitida, pois era tido como competição para as plantas de café, em relação aos nutrientes e água. Desde que o manejo mantenha o mato abaixo da saia do cafeeiro, que irá evitar a competição natural, pode-se manter algum mato na área (SOUZA, 2015; MESQUITA *et al.*, 2016).

Há de se considerar que a linha do café deve permanecer sempre coberta por palhada ou *mulching* (Figura 34) e a entrelinha por plantas cultivadas, ou mesmo espontâneas, crescendo e sendo continuamente roçadas (Figura 35), repondo nutrientes anteriormente perdidos por erosão superficial no solo exposto: agora são aproveitados pelo mato e devolvidos ao café em forma de matéria orgânica (Revista CAFEPPOINT, 2020).

As palhadas têm o papel de inibir a crescimento das ervas daninhas, nas linhas do café, com o abafamento das sementes impedindo a germinação. O solo melhora a sua estrutura física, química e biológica, aumenta a porosidade, estrutura o solo, aumenta a fertilidade e a retenção de água, além de majorar a microbiota do solo. Com o manejo do mato nas linhas também diminui a temperatura do solo: o solo exposto ao sol pode atingir temperaturas de até 65° C, ocorrendo a morte das radículas que são responsáveis pela absorção de nutrientes. Em solos cobertos, esta temperatura fica em torno de 40° a 45° C. Solos cobertos (Figura 36) diminuem as perdas causadas por erosão, aumenta o armazenamento de água no solo e aumenta a ciclagem de

nutrientes (Revista CAFEPPOINT, 2020). Na produção orgânica e, ou, agroecológica, não é permitida a utilização de defensivos agrícolas, visto que ele é inadequado para o organismo humano pela sua toxidez, provocando doenças crônicas tanto ao produtor quanto ao consumidor (FERRÃO *et al.*, 2012).



Figura 34. Linha do cafeeiro coberta por palhada (*mulching*). Fonte: Revista CAFEPPOINT, 2020.



Figura 35. Linha do cafeeiro coberta por palhada (compostagem laminar). Fonte: Revista CAFEPPOINT, 2020.



Figura 36. Ruas com braquiária e linha do cafeeiro com “compostagem laminar”.

COMPOSTAGEM LAMINAR: alternativa para o aproveitamento de resíduos orgânicos.

A compostagem laminar foi inspirada nos processos naturais, mais propriamente a degradação da serapilheira nas matas. Como o material é depositado sobre o solo, todos os processos fermentativos são aeróbicos, sendo criado um ambiente propício para o desenvolvimento da fauna edáfica, como minhocas, colêmbolos, ácaros, insetos diversos e principalmente a microvida, como fungos, bactérias e actinomicetos, que tem a capacidade de degradar a matéria orgânica retirando nitrogênio da atmosfera, o qual ficará disponível para as plantas (EMBRAPA, 2018).

3.9. Sistemas agroecológicos de produção

Atualmente, a cafeicultura orgânica e, ou, agroecológica é de suma importância: sabe-se o impacto da cafeicultura convencional aos aspectos ambientais. O café convencional está entre os alimentos quimicamente mais tratados no mundo. Usam-se fertilizantes sintéticos, herbicidas, fungicidas, acaricidas e inseticidas. Os agricultores estão expostos a um alto nível de produtos químicos ao pulverizar as lavouras e ao manipulá-las durante a colheita.

No caso do café orgânico, não há fertilizantes sintéticos ou produtos químicos usados no cultivo ou produção: significam grãos, ar, terra e água mais limpos. Nesse sistema, o café é cultivado apenas com fertilizantes orgânicos, como polpa de café, esterco de galinha ou composto, não promovendo o desmatamento. Na verdade, ajuda na conservação da vida selvagem, aves, vegetação e prevenção da erosão e doenças do solo. A vegetação natural retém e aumenta a fertilização natural do solo (Figura 37).

Os nutrientes do solo são retidos e reabastecidos naturalmente para uma agricultura sustentável que continuará produzindo ano após ano. Em Minas Gerais, a região do Caparaó merece destaque por suas lavouras exuberantes. O Sítio do Vovô Nininho, em Pedra Menina, traz um exemplo de lavoura orgânica admirável (Figura 38).



Figura 37. Cultivo de café orgânico e agroecológico (sistema diversificado). Fonte: LOPES, 2012.



Figura 38. Lavoura de café orgânico no Sítio do Vovô Nininho em Pedra Menina, MG. Fonte: Sítio do Vovô Nininho, 2020.

Nos dias atuais, um novo fator deve ser considerado: projeções climáticas para o século XXI apontam para um aumento de temperatura e conflitos climáticos extremos. A centralização dos gases de efeito estufa causam alterações nos elementos atmosféricos: se as estimativas de temperatura estiverem corretas, a temperatura média poderá aumentar entre 1°C e 5,8°C - estes valores trariam grandes impactos para a atividade de cafeicultura e para os recursos naturais. Discutem-se estratégias para a redução desta vulnerabilidade ambiental, econômica e social; nas quais, o retorno da arborização poderá originar, além de benefícios ecológicos e econômicos,

uma estabilidade na variabilidade do microclima dos plantios (SOUZA, 2015; SOUZA *et al.*, 2020).

Sabe-se que o cafeeiro pertence ao grupo de plantas C3; ou seja, é uma planta dependente de fatores ambientais, como temperatura e, conseqüentemente, sombreamento, mais adaptados a ambientes amenos e úmidos, possuindo adaptações fisiológicas e morfológicas para isso (BRAUN *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2020). Mais uma vantagem do plantio de café com sombreamento.

Segundo Matiello (1995), em lavouras sombreadas, é nítida a diminuição da desfolha, plantas com maior vigor, proteção contra os ventos, menor ataque do Bicho-mineiro, preservação da biodiversidade, melhor controle térmico dentro da lavoura, proteção contra geadas e altas temperaturas, além da diminuição da bionalidade existente entre as safras sucessivas. Contudo, pesquisas relatam a redução de produção do cafezal em cultivo sombreado, apesar de apresentar, na maioria dos casos, melhor qualidade de bebida. Há de se considerar, entretanto, que a rentabilidade adicional das culturas consorciadas em um Sistema Agroflorestal (SAF) poderá superar essa queda de produtividade.

O SAF é caracterizado por um povoamento de árvores heterogêneas ou cultura agrícola. Este sistema promove vantagens econômicas e ambientais para agricultura familiar justamente por aliar agricultura (agro) com a floresta (florestal) utilizando a mesma de forma sustentável, fazendo com que o produtor dependa cada vez menos de insumos exógenos ao sistema, resultando em maior segurança alimentar e economia: tanto para os agricultores, como para os consumidores (ARMANDO *et al.*, 2002).



Figura 39. Lavoura de café agroecológica: SAF – café com banana.

Contudo, para a implantação da agrofloresta na unidade produtiva, é importante analisar junto ao produtor as espécies de interesse para comercialização. Também, as plantas que se adaptam melhor as condições climáticas, do ambiente, do solo e aos recursos hídricos da região em que a propriedade está inserida. Nos SAFs é interessante a inserção de plantas de ciclo curto, tais como: culturas anuais, hortaliças, medicinais, ornamentais e frutíferas; e as de ciclo longo, tais como: espécies florestais (Figura 40). O objetivo é manter a comercialização em diferentes épocas do ano,

proporcionando diversificação da produção e da renda do produtor, bem como melhor aproveitamento da mão de obra familiar (ARMANDO *et al.*, 2002).



Figura 40. Lavoura de café agroecológica sombreada com espécies nativas.

A ideia de projetar modelos de SAFs, entre outros, é inserir espécies adaptadas à região (espécies nativas) e ao sistema produtivo como forma de contribuição da conservação e, ou, preservação dos biomas brasileiros, bem como incentivar o consumo e o resgate do conhecimento e da cultura dos povos tradicionais daquela região. O desmatamento avança sobre os biomas brasileiros gerando erosão do solo, perda de biodiversidade, de conhecimento, autonomia (dos produtores rurais), insegurança alimentar e outros conflitos aos quais a agrofloresta se propõe mitigar.

Diante deste cenário, a proposta é estabelecer um sistema que favoreça o equilíbrio e harmonia com a natureza, restabelecendo a resistência e a resiliência do agroecossistema, por assemelhar-se ao processo natural de sucessão ecológica. Objetiva também promover metodologias/ferramentas que se enquadre a cada modelo, proporcionados pelo manejo e práticas de conservação do solo. As tecnologias utilizadas devem restaurar a harmonia do sistema, ser eficiente e economicamente rentável para o produtor rural.

3.10. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

O “Pagamento por Serviços Ambientais” – PSA, é um instrumento econômico que busca recompensar todo produtor que, em virtude de suas práticas de conservação, proteção, manejo e recuperação de ecossistemas, mantém ou incrementa o fornecimento de um serviço ecossistêmico (benefícios providos pela natureza). Esses serviços ecossistêmicos incluem, entre outros: a regulação do clima, a manutenção da fertilidade e o controle da erosão dos solos, o armazenamento de carbono, a ciclagem de nutrientes, o provimento de água, a proteção da biodiversidade, a beleza cênica e a manutenção de recursos genéticos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE *et al.*, 2017).

O Espírito Santo, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEAMA, publicou a Portaria nº 005-R, de 22 de março de 2019, que instituiu a sua política de PSA (ESPÍRITO SANTO, 2019). Tal política é executada por meio do “**Programa Reflorestar**”, que obedece a regras e funcionamento peculiar. O

produtor rural que tiver interesse por tais recursos, desde que se enquadre nos critérios descritos no edital vigente, fará jus ao recebimento de recurso financeiro para apoiar a implantação ou manutenção em sua propriedade de uma ou mais modalidades de intervenção. O recurso financeiro pode ser do tipo PSA de Longo Prazo e, ou, PSA de Curto Prazo conforme descrito na Portaria nº 005-R, de 22 de março de 2019 (ESPÍRITO SANTO, 2019).

Resumidamente, serão descritos os tipos de PSA aplicáveis e as modalidades apoiadas.

PSA de Longo Prazo: é classificado como o Pagamento por Serviços Ambientais concedidos em forma de compensação financeira ao proprietário rural ou outro facilitador para manutenção e recuperação dos serviços ambientais auferidos, sendo o recurso pago de uso livre e irrestrito do seu recebedor. Aplicável para as modalidades:

- Floresta em Pé (FPE);
- Restauração por meio do Plantio de Essências Nativas (REC); e
- Restauração por meio da Condução da Regeneração Natural (REG).

Dentro do “Programa Reflorestar” o PSA de longo prazo é pago em cinco parcelas anuais; ou seja, o contrato de PSA terá duração mínima de cinco anos para essas modalidades (ESPÍRITO SANTO, 2019).

PSA de Curto Prazo: é o Pagamento por Serviços Ambientais concedidos em forma de apoio financeiro ao proprietário rural ou outro facilitador para a aquisição dos insumos necessários à geração desses serviços. Aplicável para as modalidades:

- Restauração por meio do Plantio de Essências Nativas (REC);
- Restauração por meio da Condução da Regeneração Natural (REG);
- Sistemas Agroflorestais (SAF);
- Sistemas Silvopastoris (SSP); e
- Floresta Manejada (FM).

Dentro do “Programa Reflorestar” o PSA de curto prazo é pago em três parcelas anuais; ou seja, o contrato de PSA terá duração mínima de três anos para essas modalidades (ESPÍRITO SANTO, 2019).

O principal objetivo do “Programa Reflorestar” é o aumento da cobertura florestal do Estado do Espírito Santo, conciliando a conservação dos recursos naturais e a geração de renda ao produtor rural. Uma de suas metas estabelecidas é atingir 20 mil hectares de vegetação nativa recuperada até o final deste ano de 2020 (BENINI *et al.*, 2018).

Apesar da política de PSA ter sido instituída no Espírito Santo desde 2012 e existir metas para a recuperação de vegetação nativa, não se encontra estudos referentes aos resultados alcançados. As informações divulgadas pelo governo do estado são geralmente superficiais, abordando somente o que foi projetado e não explora o que foi de fato executado, nem os parâmetros alcançados por cada modalidade (SOSSAI, 2019).

Portanto há uma carência na avaliação de parâmetros quantitativos e qualitativos do programa Reflorestar para a avaliação do sucesso ou não da sua estratégia. A análise do sucesso de políticas públicas é fundamental para evitar o desperdício de recursos

públicos, geralmente escassos, em programas desconectados com as reais necessidades da população (FALCONI, 2009).

A cafeicultura pode reivindicar tal recurso. Será uma excelente oportunidade para o pequeno produtor familiar que realizou o CAR (Cadastro ambiental rural) e necessita realizar a adequação ambiental de sua propriedade, mas não possui recursos suficientes para a sua execução. Para aqueles que ainda não fizeram o CAR, a empresa que presta tal serviço de análise objetivando o enquadramento junto ao Programa, realiza essa tarefa, sem custos para o produtor rural. Infelizmente, há muita desinformação sobre o “Programa Reflorestar”.

4. Considerações finais

Considerando que a degradação ambiental é cada vez mais comum nos dias atuais, o desenvolvimento técnico ou métodos de recuperação de áreas degradadas, de forma mais contínua, ajudará o ambiente uma vez degradado pelo homem a se recuperar.

Atualmente, os cafeicultores que fazem uso do sistema convencional entram em um sistema cíclico e vicioso. Tal sistema favorece a redução da biodiversidade e promove o empobrecimento dos solos, causando o aparecimento de pragas, doenças e ervas invasoras, fazendo com que o agricultor tenha que utilizar cada vez mais agroquímicos para conseguir produzir: além do custo ambiental, também o financeiro.

A perda de fertilidade do solo e sua compactação promovem a erosão e reduz a atividade biológica. Essa agricultura não é adequada para responder aos novos desafios da segurança alimentar e nutricional no Século 21 e nem à necessidade de uma produção sustentável, inclusiva e resiliente: tanto do ponto de vista socioambiental, como econômico/financeiro. A agricultura convencional não previne a degradação dos solos e promove a perda de biodiversidade: ambos são essenciais, especialmente para a sucessão e a sustentabilidade das futuras gerações.

Na medida em que o homem vai adquirindo consciência de que seus atos de conservação do solo são essenciais para os agrossistemas, passa a dar mais valor à natureza e sua biodiversidade, passa a ser o seu protetor, recuperando áreas degradadas. Atividades de recuperação e manejo por meio de práticas conservacionistas e agroecológicas garantirão qualidade às futuras gerações. Quando aplicadas à cultura cafeeira, é de extrema importância, visto que trata de uma cultura relativamente exigente em nutrição: dependente da situação na qual o solo se encontra.

Atualmente, diversos fatores vêm afetando a produção do café brasileiro, como a perda de preços, devido à maior competição mundial e à demanda por melhor qualidade, além de fatores ligados às barreiras não tarifárias, como aquelas relacionadas às questões ambientais. Para o sucesso futuro da atividade, tem-se mostrado fundamental às observações relacionadas às condições climáticas adversas, consequência do aquecimento global, bem como a adoção de práticas conservacionistas e de manejo adequado do solo.

Em anos recentes, o Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – campus de Alegre e a Empresa Júnior de Cafeicultura (Caparaó Júnior), atendem a cafeicultores em um programa de extensão rural que é um caso de sucesso. O planejamento adotado prevê a aplicação de questionários com informações diversas que permitam estabelecimento de estratégias de intervenção pautada na construção coletiva,

deixando de lado a ideia de que apenas os técnicos e especialistas devem participar das decisões: esse é um diferencial do programa.

Há de se considerar que o agricultor tem a capacidade de perceber o que está acontecendo à sua volta e entender, por meio do conhecimento adquirido ao longo de sua vivência com o agroecossistema, como os diversos ambientes dentro de sua propriedade funcionam e, com isso, planejar e gerenciar melhor. Atualmente, segundo o Prof. Pavesi e os estagiários do programa, a água tem sido tema recorrente das reuniões com os produtores rurais.

Dessa forma, por iniciativas como estas, e tantas outras de empresas como a brilhante e eficiente Incaper, tratando-se das atividades agrícolas, particularmente a cafeicultura, vem ganhando espaço crescente as iniciativas que buscam conciliar a produção agrícola com a conservação ambiental e os preceitos da segurança alimentar – é uma tendência mundial. Cabe lembrar que o café é exportado para países onde os consumidores são bastantes exigentes sob esses aspectos: sustentabilidade, rastreabilidade e qualidade.

Produtos orgânicos, agroecológicos, ambientalmente limpos e, ou, de alto valor biológico, são frutos da agricultura moderna e sustentável. Técnicas de recuperação, conservação e manejo da lavoura cafeeira serão fundamentais para garantir a sustentabilidade socioambiental e financeira da atividade cafeeira.

5. Agradecimentos

Ao IFES campus de Alegre, pela oportunidade de publicar sobre este tema de grande importância para a sociedade.

Ao professor Maurício Novaes Souza pelo conteúdo lecionado na disciplina de Recuperação de Áreas Degradadas pelo Programa de Mestrado Profissional em Agroecologia do Ifes campus de Alegre.

6. Referências

ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 508p.

ALVES, E. L.; PEREIRA, F. A. C.; DALCHIAVON, F. C. Potencial econômico da utilização de microterraceamento em lavouras de café: um estudo de caso. **Revista iPecege**, v. 3, n. 1, p. 24-38, 2017. <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.24>.

ANCAR (CEARÁ). **Produtor de forragem**. 1. ed. CEARÁ: Departamento de Documentação e Divulgação, 1974. 70 p. v. 1.

ANGELETTI, M da P. *et al.* **Espécies vegetais para cobertura do solo: guia ilustrado**. Vitória, ES: Incaper, 2018. 76 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30123.95526>.

ARF, O. *et al.* Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001100008>.

BENINI, R. M. *et al.* **Plano estratégico da cadeia da restauração florestal no Espírito Santo.** Espírito Santo, 2018. 29 p. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9228>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BERNARDES, T. G. *et al.* Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e mombaça, em condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/5584>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BERTOLINI, D. *et al.* **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água:** tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo. Campinas: CATI, 1993. v. 4. p. 1-65 (CATI. Manual, 41).

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água:** embasamento técnico do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas. Campinas: CATI, 1994. v. 1. p. 1-15 (CATI. Manual, 38).

BORDIN, B. C. M. *et al.* Respostas produtivas de lavoura de primeira safra às colheitas manual e mecanizada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória. **Anais...** Vitória, 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Segunda comunicação inicial do Brasil: parte II: **Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal.** Brasília, DF, 2010. 102 p.

BRAUN, H. *et al.* Produção de mudas de café 'conilon' propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. **IDESIA. Chile.** v. 25, n. 3, 2007. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000300009>.

BRSCAN, I. M. **Animação mostra, passo a passo, como realizar um terraceamento com curva de nível.** Brasília: Portal Embrapa, 19 abr. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/11733925/animacao-mostra-passo-a-passo-como-realizar-um-terraceamento-com-curva-de-nivel>>. Acesso em: 07 out. 2019.

CAFEPPOINT. **Campeão do Cup of Excellence busca incentivar jovens cafeicultores da região.** Disponível em: <<https://www.cafepoint.com.br/noticias/giro-de-noticias/campeao-do-cup-of-excellence-busca-incentivar-jovens-cafeicultores-da-regiao-223175/>>. Acesso em: 11 dez. 2020.

CARDOSO, R. A. *et al.* Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 51-60, 2014. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2014v35n2p51>.

CARVALHO, A. M. *et al.* Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000700005>.

CEDAGRO, CENTRO DE DESENVOLVIMENTO O AGRONEGÓCIO, **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo.** Documento de trabalho, Vitória: SEAG, 2012. Disponível em:

<http://www.cedagro.org.br/artigos/20121101104240_areas_Degradadas_Documento_Completo.pdf>. Acesso em: 29 out. 2020.

CEDAGRO. Centro de Desenvolvimento do Agronegócio. **Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do espírito santo**. Documento completo. Vitória – ES, 2012. Disponível em: <http://www.cedagro.org.br/artigos/20121101104240_areas_Degradadas_Documento_Completo.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CNA - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2018. **Acompanhamento da Safra Brasileira - Café**. v. 5, safra 2018, N.2- Segundo levantamento. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/luizvaleriano/acompanhamento-da-safra-brasileira-de-caf-2-levantamento-maio-2018>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Critérios para instalação de quebra-ventos**. Comunicado Técnico, Jales, SP, 1996. p 1-2.

DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análise de solos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2011. 230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 132). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/990374/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **Revista científica internacional**, ano 4, n. 17, p. 96-124, 2011. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/UTILIZA%C3%87%C3%83O-DE-LEGUMINOSAS-NA-ADUBA%C3%87%C3%83O-VERDE-PARA-A-Eiras-Coelho/bfc6328aa7da6e77069f4db006af74799f12ee6d>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

EMBRAPA ACRE. Rio Branco: **Embrapa Acre**, 2004. 44 p. il. color. (Embrapa acre. Documentos, 85). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAFAC/10514/1/doc85.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2019.

EMBRAPA. **Adubação verde**. Seropédica. Embrapa Agrobiologia. 2011.

EMBRAPA. **Espaçamentos e terraços**. PROGRAMA RIO RURAL: SECRETARIA DE AGRICULTURA, PECUÁRIA, PESCA E ABASTECIMENTO / SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. 2018. 46 p.

EPAGRI. **Terraceamento reduz erosão e efeitos da estiagem no Oeste Catarinense**. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/meio-ambiente/261852-terraceamento-reduz-erosao-e-efeitos-da-estiagem-no-oeste-catarinense.html>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

ESPÍRITO SANTO. Portaria nº 005-R, de 22 de março de 2019. Torna Público o Edital de Convocação de Produtores Rurais que Desejam Participar do Ciclo 2019 do **Programa Reflorestar**. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, ES, 01 de abril de 2019, p. 176- 181.

EUTRÓPIO, F. J.; KROHLING, C. A. Fertilidade do solo em lavouras de café arábica com e sem terraço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 44., 2018. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018.

FALCONI, V. C. O Verdadeiro Poder. 2ª Edição. Nova Lima, MG: Falconi Consultores de Resultado, 2009. ESPÍRITO SANTO. Decreto nº 3182-R, de 20 de dezembro de 2012. Aprova o regulamento da Lei 9.864/2012, que dispõe sobre o **Programa de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA**. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, ES, 21 de dezembro de 2012, p. 26-27.

FERNANDES, M. F.; BARRETO A.C.; EMÍDIO FILHO J. Fitomassa de adubos verdes e controle de planta daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.9, p.1593-1600, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000900009>.

FERRÃO, R. G. *et al.* **Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. 4. ed. revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2012. (Incaper: Circular Técnica, 03-I) 74 p. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/1080/1/Circular-Tecnica-Conilon-03I-4Edicao-espanhol-VF.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

FERRARI NETO, J. *et al.* Consórcio de guandu-anão com milho: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. **Bragantia, Campinas**, v. 71, n. 2, p. 264-272, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012005000017>.

FRANÇA, F. M. C.; OLIVEIRA, J. B. **Quebra-ventos na propriedade agrícola**. Cartilhas temáticas - tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o Semi-árido, Fortaleza, CE, 2010, 21p.

FRANCO, C. M. *et al.* Manutenção de cafezal com adubação exclusivamente mineral. **Bragantia, Campinas**, v.19, n.33, p.523-546, 1960. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051960000100033>.

FRANCO, C. M.; LAZZARINI, W. Ensaio de adubação mineral NPK e adubos verdes. In: LAZZARINI *et al.* **Experimentação cafeeira**, 1929-1963. Campinas: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo - Instituto Agrônômico, 1967. p.173

FRANCO, F. S. **Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2000. 128f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

GALEANO, E. V.; KROHLING, C. A. Avaliação de custo de produção e viabilidade econômica do café arábica no Espírito Santo considerando colheita manual e semimecanizada. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 56., 2018, Campinas. **Anais...** Campinas, SP: SOBER, 2018.

GALETI, P. A. **Práticas de controle à erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1984. 154p.

GRIEBELER, N. P. *et al.* Modelo para o dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 696-704, Dec. 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000300015>.

INCAPER - INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, **Cafeicultura**. Vitória, INCAPER, 2020. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura>>. Acesso em: 27 out. 2020.

KROHLING, C. A. *et al.* Colheita semimecanizada de café arábica na Região das Montanhas Capixaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 44., 2018, Franca. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018.

KROHLING, C. A.; SOBREIRA, F. M. Tipos de podas e produtividade da lavoura microterraceada de café arábica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 44., 2018, Franca. **Anais...** Franca, SP: CBPC, 2018.

LAZZARINI, W.; NEME, A. N. Ensaio de adubação verde e química. In: LAZZARINI *et al.* **Experimentação cafeeira**, 1929-1963. Campinas: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo - Instituto Agrônômico, 1967. p. 199-203.

LEAL, J. T. da C. P.; FERNANDES, M. R.; PEREIRA, R. T. G. **Boas práticas ambientais na cafeicultura**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2012. 64 p.

LEITE, L. F. C. *et al.* 2010. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 29-35, 2010. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20100004>.

LOMBARDI-NETO, F. *et al.* Efeito de algumas práticas conservacionistas vegetativas na produção de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1975, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.547-550.

LOPES, O. M. N. **Feijão-de-porco**: leguminosa para controle de mato e adubação verde do solo. EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL: Altamira, PA. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS N° 12/2000. 4p.

LOPES, P. R. *al.* Produção de café agroecológico no sul de Minas Gerais: sistemas alternativos à produção intensiva em agroquímicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 7, n. 1, mar. 2012. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/9979>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

MACAULAY LAND USE RESEARCH INSTITUTE; UK AGROFORESTRY FORUM. **Silvopastoral Agroforestry Toolbox**. [Web Page]. Disponível em: <<https://www.agroforestry.com.br>>. Acesso em: 27 out. 2020.

MAGALHÃES, G. M. F. Análise da eficiência de terraços de retenção em sub-bacias hidrográficas do Rio São Francisco. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 7, n. 10, p. 1109-1115, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001000013>.

MARTINS, C. R. *et al.* **Leguminosas na fruticultura**: uso e integração em propriedades familiares do sul do Brasil – Brasília, DF: Embrapa, p. 66, 2019.

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: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4170>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MATIELLO, J. B. **Sistemas de Produção na Cafeicultura Moderna, Tecnologias de Plantio adensado, renque mecanizado, arborização e recuperação de cafezais.** 1 ed.. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas 1995. 102p.

MATIELLO, J. B. **Tecnologia de microterraceamento em cafezais evolui bastante.** Disponível em: Procafé: <<https://www.noticiasagricolas.com.br>>. Acesso em: 11 dez. 2020.

MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura do café no Brasil:** manual de recomendações. Rio de Janeiro, RJ e Varginha, MG: Mapa/Procafé, 2016, 584 p.

MELLES, C. C. A. *et al.* Efeito de culturas intercalares na cultura do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 7., 1979, Araxá. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p. 174-175.

MELO, V. F. *et al.* Chemical and biological quality of the soil in different systems of use in the savanna environment. **Revista Agro@ambiente** on-line, v.11, n. 2, p.101-110, 2017. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/issue/view/225>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MESQUITA, C. M. de *et al.* **Manual do café:** implantação de cafezais *Coffea arabica* L. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 50 p.

MIRANDA, S. C. *et al.* Apontamentos sobre mudanças climáticas na agricultura Brasileira. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 95-106, 2018. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018A9.

OLIVEIRA, C. D. de. Quebra-vento em lavouras de café. **Revista Cafeicultura.** 2009. Disponível em: <<https://revistacafeicultura.com.br/?mat=20151>>. Acesso em: 08 nov. 2019.

PELLISSARI, S. A.; PERINI, J. L.; MIRANDA, M. A. **Caixas coletoras de água das chuvas.** Jornal da Coaabriel, São Gabriel da Palha, ES: Ano XI, n. 115, p. 8, 1997.

PEREIRA, A. P. *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Rev. de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 799-807, 2017. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17065>.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água,** 1999.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo.** 18 ed. São Paulo: Nobel, 2006.

PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e água:** práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: ED. UFV, 2009. 279p.

PRUSKI, F.F.; GRIEBELER, N.P. Comparação entre métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25 e Congresso Latino-Americano de Engenharia Agrícola, 2, 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. 422 p.

RAMOS, G. M. **Recomendações práticas para o cultivo do guandu para produção de feno.** Teresina: EMBRAPA-CPAMN. 1994. 16 p. (EMBRAPA-CPAMN. Circular Técnica, 13).

REIS, A. J.; ARRUDA, H. V. Alguns resultados sobre técnicas culturais do cafeeiro na região de Ribeirão Preto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2., 1974, Poços de Caldas. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1974. p.324-326

REIS, A. J.; ARRUDA, H. V. Efeito depressivo da soja perene como adubo verde para cafezal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8., 1980, Campos do Jordão. **Anais...** IBC-GERCA. p.101-103

RESCK, D. V. S. **A conservação da água via terraceamento em sistemas de plantio direto e convencional no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 8p (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 22). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/559652>>. Acesso em: 07 out. 2019.

SALEMI, L.F. **Plantio em nível: a medida básica de conservação do solo**, 2009. Disponível em: <<http://www.webartigos.com>>. Acesso em: 10 out. 2019.

SALGADO, B. G. *et al.* Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p. 343 – 349, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000300004>.

SANTILLI, J.; BUSTAMANTE, P. G.; BARBIERI, R. L. (editoras técnicas). **Agrobiodiversidade**. Coleção Transição Agroecológica, v. 2. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 308 p.

SEAG. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba: novo PEDEAG 2007- 2025/** Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca – Vitória: SEAG, p. 284. 2008.

SECRETARIA de Estado de Minas Gerais. **Mais de dez cidades do Centro-Oeste de MG devem ter nascentes do Rio São Francisco revitalizadas até 2020** | Centro-Oeste | G1 (globo.com). Disponível em: <<https://g1.globo.com>>. Acesso em: 20 set. 2020.

SILVA, M. R. da Construção dos terraços com terraceadores. **Revista Cultivar**, v. 34, n. 164, p. 34-39, 2019. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/construcao-dos-terraços-com-terraceadores>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SILVEIRA, A. de S. *et al.* Sensory analysis of specialty coffee from different environmental conditions in the region of Matas de Minas, Minas Gerais, Brazil. **Rev. Ceres**, Viçosa , v. 63, n. 4, p. 436-443, Aug. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663040002>. Acesso em: 12 dez. 2020.

SOSSAI, M. F. **A floresta como fonte de biodiversidade e de renda para o produtor rural**. Vitória, 20 de outubro de 2019. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/33601815-Governodo-estado-do-espírito-santo-secretaria-estadual-de-meio-ambiente-e-recursos-hídricos.html>>. Acesso em: 15 out. 2020.

SOUSA, I. R. L de *et al.* Decomposição de espécies utilizadas como adubação verde em sistema agroflorestal experimental, Santarém, Pará. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 50 – 63, 2018.

SOUZA JUNIOR, W. D.; BALDISSERA, J. F.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de opções reais aplicada na diversificação da produção rural no estado do Paraná. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 57, n. 2, p. 253- 269, 2019 . Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2019.177157>.

SOUZA, I. I. de M. *et al.* 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. 376p.

TEIXEIRA, M. B. *et al.* Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, v. 30, n. 1, p. 55-64, 2012. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000100007>.

TEODORO, R. B. *et al.* Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado no Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 635-643, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200032>.

THOMAZIELLO, R. A.; PEREIRA, S. P. **Poda e condução do cafeeiro arábica**. Boletim técnico IAC 203 Campinas, São Paulo: Instituto Agrônomo de Campinas [IAC], 2008.

TORRES, C. M. M. E. *et al.* Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. Pesquisa Florestal Brasileira. **Colombo**, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014. <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.79.633>.

TORRES, J. L. R. *et al.* Production, decomposition of residues and yield of maize and soybeans grown on cover crops. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 460-468, 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150026>.

TRISTÃO, F. A. *et al.* Tendências para a sustentabilidade da cafeicultura de arábica em regiões de montanha. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 10, p. 105-124, jan./dez., 2019.

VENTURA, J. A *et al.* **Diagnóstico e manejo das doenças do cafeeiro conilon**. In: FERRÃO, R. G. *et al.* (Eds). Café conilon. Vitória, ES: Incaper, 450-497. 2007.

VITAL, A. R. T. *et al.* Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p.793-800, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000600004>.

WADT, P. G. S. **Construção de terraços para controle da erosão pluvial no estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2004. 44 p. il. color. (Embrapa acre. Documentos, 85). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/501671>>. Acesso em: 07 out. 2019.

XIAO, H. *et al.* Soil erosion-related dynamics of soil bacterial communities and microbial respiration. **Applied Soil Ecology**, v. 119, p. 205-213, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.018>.

ZACARIAS, A. J. *et al.* Efeito de adubos verdes em consórcio com cafeeiro e sua

viabilidade econômica. **Resumos....** I Encontro Anual de Agroecologia e Qualidade de Vida do Ifes campus de Alegre. Pôster e apresentação oral. 2019.

ZACARIAS, A. J.; SOUZA, M. N. Recuperação de área degradada de monocultura intensiva no estado do Espírito Santo. **REVISTA DA UNIVAP**, v.1, n. 87, p.234-242, 2019.

Autores

Cleber Cássio Ferreira¹, Mário Euclides Pechara da Costa Jaeggi², Thiago Blunck Rezende Moreira¹, Maurício Novaes Souza^{1*}, Dayvson Dandi Rodrigues¹, Ronald Assis Fonseca¹, Fábio Gomes Zampieri¹, Credigar Gonçalves Moreira¹, Alex Justino Zacarias¹, Isabel Inácio de Moraes Souza¹

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

2. Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, CEP: 28013-600, Campos dos Goytacazes-RJ.

* Autor para correspondência: mauricios.novaes@ifes.edu.br

Considerações finais

A visão aqui proposta é ecologicamente sustentável, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente passível de ser aceita, desde que trabalhada com responsabilidade e determinação.

Porém, inicialmente, 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, busca-se 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.

As inovações tecnológicas que ocorreram nas últimas décadas ampliaram significativamente o rendimento e melhoraram as condições de trabalho no campo. O aumento de produtividade foi notável a partir da introdução de bens de capital, insumos e novas tecnologias que a indústria tem disponibilizado ao mercado. Entretanto, trouxe efeitos colaterais negativos em função de erros e exageros, os quais, eventualmente, causam prejuízos a consumidores, aos agricultores, enfim, a toda sociedade e ao meio ambiente.

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.

Portanto, o modelo de crescimento que origina degradação ambiental e humana precisa ser alterado, posto que os recursos, como também, o tempo, são escassos. A obtenção de soluções deve ser ágil, porém baseadas em gerenciamento responsável e com pensamento na segurança e no bem-estar das gerações futuras. A partir do momento em que os problemas ambientais sejam reconhecidos como fruto de processos produtivos que visam exclusivamente a maximização econômica e lucros, ficará evidente que os processos de exploração e acumulação precisam ser alterados,

posto existir uma forte contradição entre os princípios básicos de funcionamento desse tipo de capitalismo e a conservação do equilíbrio ambiental.

Deve-se entender 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, são insuficientes para acompanhar de forma duradoura e sustentável, o ritmo de crescimento acelerado, sem a ocorrência de um colapso ecológico.

Procedimentos de avaliação de impactos ambientais, licenciamento e certificação, 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 implementação 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.

Na natureza, as variadas combinações da fauna e da flora oferecem soluções diversas. A riqueza das florestas tropicais é demonstrada por sua biodiversidade. As monoculturas levam à degeneração, ao aumento de pragas e doenças que, com o passar do tempo, reduzem as chances de sobrevivência. 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, que se assemelham às monoculturas.

Na promoção da diversidade, deve-se modernizar a metodologia. A complexidade do mundo atual impede o seu funcionamento sem que haja o livre acesso à informação, baseado em tecnologias facilmente compreensíveis e disponíveis a todos. Soluções duradouras para problemas complexos podem ser aquelas extremamente fáceis: precisam apenas ser reinventadas e postas em prática. O ensino precisa tomar um novo rumo, com orientação sobre qual é a melhor maneira de aprender e sobre como ser estimulado para tal.

A pesquisa científica deverá ser ampliada para que sejam conhecidos os principais processos e mecanismos, com a devida fundamentação, necessária para a recuperação dos ecossistemas e a proteção àqueles ainda não ameaçados pela deterioração de sua quantidade e qualidade. As questões relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico surgidos recentemente evidenciam que se deve evitar a compartimentação.

A interdisciplinaridade dos diferentes enfoques é essencial, pois permite entender os processos ambientais e conhecer as ferramentas disponíveis para manejá-los, facilitando o seu monitoramento (fundamental nos procedimentos de RAD). Dessa forma, fica facilitado o desenvolvimento de novos modelos de produção e de consumo que poupem matéria-prima e gere um menor volume de resíduos, conservando os recursos naturais: daí a importância da Agroecologia.

Essa ciência, que vem sendo estabelecida de forma crescente, permitirá no futuro que haja mudanças nas relações sociedade/natureza, reduzindo a sua importância econômica. Para isso é necessário que ocorram transformações entre os homens, de forma consciente, resultante de uma inteligência crítica que descubra as reais formas de organização política da vida, formulada em termos de finalidades. Nesse sentido, não podem conter senão opções éticas. O objetivo deve ser a recuperação socioambiental, permitindo melhor condição de vida a toda população, com maior equidade social.

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. Quando a compreensão do problema for mais profunda (soluções científicas e de engenharia) e estiver disseminada por toda a sociedade (nos avanços políticos, gerenciais e de organização institucional), a segurança coletiva e a segurança individual relacionada aos recursos estará garantida, proporcionando alternativas de melhor qualidade de vida e maior capacidade produtiva a toda a humanidade.

Entretanto, há que se considerar, da impossibilidade de dissociação das relações homem/natureza e da importância do capital na promoção do desenvolvimento sustentável. São relações que permanecerão intimamente interligadas, devendo, portanto, todas as soluções propostas estarem assentadas nessa realidade: na evidência da interdependência entre economia e meio ambiente. As questões ambientais devem ser repensadas, com um maior nível de consciência, onde se perceba que elas não podem ser compreendidas isoladamente: são sistêmicas, interconectadas e interdependentes.

A Agroecologia possibilita analisar agroecossistemas de forma holística e integradora, não de forma particionada e isolada, incluindo aspectos importantes como as dimensões ecológicas, sociais e culturais e não apenas técnico científico. Estimulando os pesquisadores a se debruçarem sob o conhecimento construído pelos agricultores na busca incansável de tornar a propriedade autossuficiente, evitando a entrada de insumos externos.

A Agroecologia se sustenta da construção do conhecimento e da experimentação dos agricultores e demais povos tradicionais, sempre incorporando o potencial endógeno, já que a vivência construída é um elemento fundamental para qualquer iniciativa de transição ou desenvolvimento de agroecossistemas voltados para a sustentabilidade.

Observações finais

É necessária a alteração dos modelos de produção e de desenvolvimento atualmente praticados no Brasil. A escassez dos recursos, associada aos danos causados pela poluição e a miséria crescente nos meios urbano e rural, evidenciam que esse modelo gera degradação. Porém, para que sejam alcançadas as transformações necessárias, é preciso a definição de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável, exigindo um grande esforço do conjunto de atores sociais, econômicos e políticos. Isso envolve as esferas governamentais, o setor produtivo, as organizações da sociedade e, inclusive, cada membro da comunidade: ou seja, são necessárias mudanças individuais.

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. 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 com o gerenciamento das microbacias hidrográficas.

Nas atividades de aquicultura e cafeicultura, bem como nas diversas atividades agropecuárias, devem-se utilizar instrumentos adequados de monitoramento dos procedimentos de todo o processo, para que ocorra a viabilidade econômica e conservação ambiental, com maior equidade social. Portanto, é necessário buscar alternativas que visem o aumento de produtividade, reduzindo a necessidade de expansão da produção por meio da abertura de novas fronteiras agrícolas.

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 do agroquímico empresarial, este último com excesso de privilégios, 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.

A partir dessas medidas, 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. Para isso, impõe-se a participação efetiva dos centros de pesquisa e ensino, buscando soluções alternativas, viáveis e de baixo custo, para a solução destes problemas. O PPGA do Ifes campus de Alegre vem contribuindo de forma significativa nesse sentido.

A História mostra que os processos de degradação são sistêmicos e cíclicos. Logo, é necessária vigilância contínua e muita pesquisa, para que os processos que geram degradação sejam contidos em sua fase inicial. A qualidade do meio ambiente é fundamental para um bom nível da qualidade de vida, da atual e das futuras gerações. Portanto, é necessário que o novo modelo de desenvolvimento considere uma visão diferenciada do trabalho, que implica em profundas transformações nos processos dos diversos setores produtivos, na alteração dos hábitos de consumo dos países desenvolvidos e uma maior solidariedade entre as nações. Atualmente, a recuperação

ambiental associada a todos esses conceitos, deve ser prioridade para que seja possível o desenvolvimento sustentável.

Sugestões

Um dos grandes problemas enfrentados na área rural, refere-se a baixa disponibilidade de recursos financeiros para custeio e investimento. Somado à sua pequena área e, com as limitações técnicas existentes, faz-se necessário buscar alternativas inovadoras e conjuntas, para que seja evitada a perpetuação dos casos de pauperização que conduzem à degradação.

Para isto, deve-se propiciar às associações, cooperativas e demais categorias de classe, bem como toda a classe política, estabelecer e implementam uma política agrícola compactuada e definitiva, inclusive preocupados: a) com a comercialização, buscando novos nichos de mercado, como aquele dos produtos orgânicos; 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, ser estabelecidas as metas de sustentabilidade com maior equidade social.

O crédito rural se tornará viável com o uso de uma das maiores novidades dos últimos anos em termos de instrumento da Política Agrícola, que foi a elaboração e a implantação do zoneamento agrícola do Ministério da Agricultura. Tal zoneamento permite ao agricultor aumentar a produtividade por meio do uso de tecnologias, com a chance de reduzir os riscos diante dos fenômenos climáticos previsíveis com certa margem de probabilidade.

Ficam também como sugestões diversas:

- Priorizar políticas públicas para o setor agropecuário que estimulem a implementação de um novo modelo de produção e de desenvolvimento, cujas características: a) contemplem a melhor distribuição da população rural no país, favorecendo a reforma agrária de uma forma mais abrangente; b) priorizem a produção de alimentos básicos voltados para as populações mais carentes; c) estimulem o manejo adequado dos solos, necessitando para isso de investimento em assistência técnica para a capacitação dos produtores; d) fiscalizem a alocação correta dos recursos hídricos, respeitando a legislação ambiental e incluindo o licenciamento ou o auto licenciamento como necessidade básica; e) pressuponham o uso de tecnologias adequadas para cada região, estimulando a implantação de sistemas agroflorestais que favoreçam o uso múltiplo das florestas, associados às agroindústrias e baseados no princípio de Emissões Zero;

- Direcionar as pesquisas científicas e tecnológicas com vistas a avanços que sejam incorporados pelo setor produtivo, devendo proporcionar vantagens para o meio ambiente, de acordo com as seguintes vertentes: a) desenvolvimento industrial de alta tecnologia associado a um sistema de gestão que favoreça o manejo; b) utilização do conhecimento pela estrutura produtiva existente visando produção sustentável; c) gerar empregos e, inclusive, atrair pessoas no meio urbano em condição de degradação, para esse novo mercado; e d) estímulo a empreendimentos voltados para a recuperação socioambiental;

- Estimular a implantação de projetos de irrigação em regiões carentes onde exista grande disponibilidade de mão de obra, portanto, com a necessidade da geração de emprego e renda. Há que se considerar, que deverá haver disponibilidade hídrica e que sejam realizados, anteriormente, a) o Estudo de Impacto Ambiental; b) o Licenciamento Ambiental; c) a pesquisa da viabilidade e da garantia da concessão da Outorga do direito de uso da água; e d) a preocupação com o planejamento do manejo das áreas irrigadas. Tais projetos aumentam efetivamente a produtividade, com possibilidades reais de geração de emprego e renda, permitindo, inclusive, não só reduzir o êxodo rural, como também atrair a população periférica urbana para o setor rural, reduzindo o caos das cidades;
- Promover conexões envolvendo parcerias do setor público-privado, incluindo governos, instituições acadêmicas e empresariais, voltadas à implantação de sistemas de produção diversificados e naturais, em conglomerados agroindustriais regionais, onde sejam estimulados os conceitos de “Emissões Zero”. As soluções devem ser criativas e conectadas aos problemas emergenciais da atualidade, demonstrando sua viabilidade científica e econômica;
- 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 nativas e de inovações modernas, reduzindo o custo e o tempo das pesquisas, visando o descobrimento de conhecimentos a partir da natureza;
- Redirecionar o modelo adotado de pesquisa, evitando a sua descontinuidade, ampliando o tempo fornecido aos cursos de especialização e exigindo das empresas parceiras nos projetos, um maior comprometimento e o reconhecimento de sua corresponsabilidade na geração de soluções definitivas aos problemas atuais;
- Intensificar a fiscalização nas atividades com maior potencial degradador, posto que foram 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; inclusive, a nova proposta de auto licenciamento com responsabilidade civil, que diminuem o custo desse procedimento, deve ser estimulada;
- Estimular o ecoturismo como forma de educação ambiental e de geração de renda às populações rurais (em 1999, o turismo mundial movimentou 4,5 trilhões de dólares e gerou 192 milhões de empregos, em todo o mundo. Estima-se, atualmente, que o ecoturismo seja responsável por cerca de 10 a 20% desse total, sendo o subsetor dessa atividade que apresenta maior crescimento (SEABRA, 2003)). 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;
- Fortalecer regionalmente as organizações ambientalistas com vistas ao monitoramento das atividades impactantes, por meio de formação e treinamento do corpo técnico responsável, de tal forma a tornar esse procedimento mais efetivo e eficiente.

