

ESTUDO SOBRE GESTÃO AMBIENTAL NA TRANSIÇÃO AGROFLORESTAL NO VALE DO PARAÍBA, SÃO PAULO, BRASIL*

Antonio Carlos Pries Devidé¹; Cristina Maria de Castro¹; Geraldo Stachetti Rodrigues²; Raul de Lucena Duarte Ribeiro³; Antônio Carlos de Souza Abboud³

Pesquisador científico Dr., APTA-Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Pólo Regional Vale do Paraíba, Pindamonhangaba – SP caixa postal 32 CEP 12400-970 e-mail: antoniodevide@apta.sp.gov.br, cristinacastro@apta.sp.gov.br

² Pesquisador, Dr., Embrapa Meio Ambiente - Laboratório de Gestão Ambiental, Jaguariúna, SP e-mail: stachetti@embrapa.br

³ Professor Dr., Curso de Pós Graduação em Agronomia - Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, área de concentração em Agroecologia e-mail: lucena@ufrj.br, abboud@ufrj.br

*Parte da tese de doutorado do primeiro autor, vinculado ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Agroecologia, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.

RESUMO

A integração agroecológica do componente arbóreo e agrícola na propriedade rural favorece a sustentabilidade ambiental e econômica. Este artigo apresenta uma análise de sustentabilidade ambiental de uma centenária fazenda do Vale do Paraíba, em Pindamonhangaba - SP, dedicada à diversificação arbórea, conversão agroflorestal da produção de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) para madeira nativa e atividades não-agrícolas. A análise do desempenho ambiental do estabelecimento foi feita com o sistema APOIA-NovoRural abrangendo 62

indicadores em cinco dimensões: Ecologia da paisagem, Qualidade ambiental, Valores socioculturais, Valores econômicos e Gestão e administração. Com o sistema Ambitec-Agro determinou-se o impacto das pesquisas na gestão da fazenda. O estabelecimento rural obteve elevado desempenho ambiental em todos os índices: Qualidade da água (0,94); Valores econômicos (0,85); Valores socioculturais (0,76) e Ecologia da paisagem (0,77) com oportunidade de avanços na Gestão e administração (0,69) e na Qualidade do solo (0,65), conferindo um elevado índice integrado de sustentabilidade (0,79), situando-se entre os cinco mais elevados índices dentre 178 estudos de caso com o sistema APOIA-NovoRural. Com o sistema Ambitec-Agro o índice geral de desempenho ambiental foi de 4,14 com tendência positiva para praticamente todos os critérios analisados. Práticas agroflorestais melhoram a qualidade dos solos, aumentam a diversidade de fontes de renda e os métodos de pesquisa participativa melhoram o relacionamento interinstitucional na unidade de produção.

Palavras-chave: Ambitec-Agro, APOIA-NovoRural, *Calophyllum brasiliense*, Agroecologia

STUDY ON ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE AGROFORESTRY TRANSITION IN THE VALE DO PARAÍBA, SÃO PAULO STATE, BRAZIL

ABSTRACT

The agroecological integration of the tree and agricultural component in rural property favors environmental and economic sustainability. This article presents an environmental sustainability analysis of a centennial farm in the Paraíba Valley, in Pindamonhangaba - SP, dedicated to the tree diversification, agroforestry conversion of the production of Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) - Native timber and non-agricultural activities. The analysis of the environmental performance of the establishment was made with the system APOIA-NovoRural, covering 62 indicators in five dimensions: landscape ecology, environmental quality, socio-cultural values, economic values and management and administration. With the Ambitec-Agro system, the impact of the research on the management of the farm was determined. The rural establishment achieved high environmental performance in all indices: Water quality (0.94); Economic values (0.85); Socio-cultural values (0.76) and landscape ecology (0.77) with opportunity for advances in management and administration (0.69) and soil quality (0.65), conferring a high integrated sustainability index (0.79), which is among the five highest indexes, of 178 case studies with the system APOIA-NovoRural. With the Ambitec-Agro system the general index of environmental performance was 4.14 with a positive trend for virtually all the criteria analyzed. Agroforestry practices improve the quality of soils, increase the diversity of income sources and participatory research methods improve the interinstitutional relationship.

Key words: Ambitec-Agro, APOIA-NovoRural, *Calophyllum brasiliense*, Agroecology.

INTRODUÇÃO

A forma como se buscou o desenvolvimento no Brasil com foco central no crescimento econômico causou problemas nas esferas econômica, ambiental e social (Breitenbach & Bündchen, 2017). Um dos principais problemas que imperam, desde o final do século XX inclui o cuidado com o reflorestamento de áreas degradadas e o aproveitamento de espaços adequados para uma silvicultura de fins múltiplos (Ab'Sáber, Goldemberg, Rodés & Zulauf, 1990). Para Ab'Sáber *et al.* (1990), em áreas que sofreram uma forte predação pelos ciclos econômicos do café e da pecuária leiteira, deve-se estimular uma silvicultura rendosa que ocupe até 40 a 50% do espaço de cada gleba, sem impactos ecológicos negativos, combinando a ampliação de florestas homogêneas com programas de reflorestamento de áreas degradadas (beira-rio, cabeceiras de drenagem, grotões, vertentes de forte declividade).

A restauração florestal pode se tornar uma grande oportunidade de investimento, sendo que no mundo todo há bilhões de hectares com florestas plantadas ou em mosaico (Minnemeyer, Laestadius, Sizer, Saint-Laurent & Potapov, 2011). Dos 272 milhões de hectares globalmente existentes com plantações florestais e florestas seminaturais, 26% são florestas plantadas e seminaturais que estão no domínio de pequenos produtores; 32% são florestas produtivas de pequenos proprietários com menos de 100 hectares, que abrangem diversidade de ambientes, de espécies, práticas silviculturais, rotações e utilização final da produção (FAO, 2006).

No relevo de mares de morros da região Sudeste, no Vale do Paraíba, situado entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo, há um crescente contingente populacional e de renda em cidades entremeadas com áreas rurais, onde a monocultura do café provocou o desmatamento, a erosão dos solos e o assoreamento dos cursos d'água. O café migrou para o Oeste paulista e foi substituído pela atividade pecuária. Nas últimas décadas a monocultura do eucalipto se instalou agravando os problemas socioambientais com a progressiva perda da biodiversidade e concentração de terras (Devide *et al.*, 2014).

Nessa região, a proximidade das áreas rurais e urbanas demanda cautela, pois, o país figura desde o ano de 2008 entre os maiores produtores e consumidores de agrotóxicos do mundo, sendo isto um problema de saúde pública, dadas as contaminações no ambiente, em alimentos e as intoxicações na saúde humana (Pignati *et al.*, 2017). É necessário estabelecer um maior cuidado com o ambiente e

os meios de produção para garantir a qualidade de vida da população. Uma das características nessa região é o crescimento do “Novo Rural”, que abrange a pluriatividade e a modernização da agropecuária no interior das famílias rurais com um conjunto de atividades agrícolas e não-agrícolas ligadas à moradia, ao lazer, ao turismo e às várias atividades industriais e de prestação de serviços (Silva, 1999).

Assim sendo, incentivar a agricultura multifuncional de base agroecológica pode trazer estabilidade na produção com técnicas orgânicas, promover a segurança alimentar e a autossuficiência, além de conservar a biodiversidade, preservando valores culturais com a participação dos agricultores nas decisões do desenvolvimento agrícola (Petersen, Weid & Fernandes, 2009; Granziera & Saes, 2014). No mundo todo evidências comprovam que os sistemas agroecológicos oferecem respostas consistentes à crise socioambiental das sociedades contemporâneas (Petersen, Weid & Fernandes, 2009). A agroecologia incorpora dimensões amplas e complexas de base social, econômica, tecnológica, ambiental e cultural (Candido, Nóbrega, Figueiredo & Maior, 2015). A abordagem multifuncional incorpora esses aspectos, porém, demanda a participação pública e privada a fim de tornar difusos os custos e não só os benefícios sociais, para o efetivo aumento na renda dos produtores (Granziera & Saes, 2014).

Considerando as peculiaridades do Vale do Paraíba do Sul - que se aplicam nas proximidades de cidades populosas por todo o país, principalmente, nas relações do meio rural com o meio urbano -, é necessário reabilitar a paisagem degradada e fomentar a geração de renda com produtos florestais e não florestais mediante o investimento em florestas biodiversas e funcionais denominadas de sistemas agroflorestais – SAF, para facilitar a evolução na transição agroecológica (Cardoso, Insaurriaga, Grinberg & Bergmann, 2013). Os SAF são sistemas que incluem o manejo de árvores e arbustos associados com cultivos agrícolas e/ou animais em uma mesma área de maneira simultânea ou em sequência temporal (Dubois, 1996; Farrell & Altieri, 2018).

Para caracterizar a evolução na conversão agroflorestal e agroecológica é necessário analisar o desempenho ambiental da propriedade rural no âmbito das alterações socioeconômicas e ambientais, com métodos que atendam à grande variedade de atividades agrícolas e não-agrícolas. Assim, ajudando a guiar a escolha de tecnologias e as formas de manejo de acordo com as potencialidades e as restrições de uso do espaço rural e de sua inserção nos objetivos de desenvolvimento local sustentável (Rodrigues & Campanhola, 2003). Os sistemas de avaliação de impacto ambiental - AIA geralmente relacionam os níveis crescentes de complexidade de um determinado sistema de produção ou arranjo produtivo com as exigências de metas de gestão. Em muitos casos a AIA possibilita uma leitura sistêmica com abrangência espacial e temporal em que se desenvolvem as atividades econômicas, o conjunto de recursos naturais explorados e a interface

sociocultural. Há muitos métodos que empregam indicadores de sustentabilidade (Joly *et al.*, 2016), que são medidas de interpretação da condição de um sistema segundo os padrões estabelecidos para o contexto analisado, enquanto um índice é o resultado de uma manipulação matemática de determinados dados visando simplificá-los, podendo ser formado por vários tipos de indicadores, inclusive, de diferentes temáticas (Cândido *et al.*, 2015). Porém, são escassos os estudos que abordam a AIA na conversão agroecológica, em SAF e reflorestamentos biodiversos.

Este estudo de caso foi desenvolvido em uma centenária fazenda situada no Vale do Paraíba do Sul, com a finalidade de avaliar o desempenho ambiental e a adequação tecnológica promovida na transição agroecológica focada na diversificação arbórea com SAF e atividades não-agrícolas, utilizando o Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades Rurais (APOIA-NovoRural), que se baseia em diversos indicadores, tais como: provisão de água limpa, regulação de enchentes, proteção do solo à erosão, manutenção do clima (sequestro de carbono), polinização, geração de renda, serviços culturais para preencher as necessidades recreativas, intelectuais e espirituais, entre outros quesitos. Em um segundo momento aplicou-se o Sistema de Avaliação dos Impactos de Pesquisas e Tecnologias Ambitec-Agro para caracterizar os impactos das pesquisas em agroecologia na gestão ambiental da unidade de produção.

A hipótese desse trabalho é de que a pesquisa participativa em agroecologia para a conversão agroflorestal resulta em elevados indicadores socioambientais e econômicos e orienta a gestão da unidade de produção.

Referencial Teórico

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um instrumento de verificação dos resultados de ações humanas sobre o meio. Compreende o processo de identificar, prever, avaliar e mitigar os efeitos relevantes de natureza biofísica, social de projetos de desenvolvimento (Almeida & Montaña, 2017). Apesar da prática institucionalizada em âmbito mundial (Joly *et al.*, 2016), críticas são feitas quanto aos procedimentos teóricos que se distanciam da atividade prática das unidades de produção (Lobos & Partidário, 2014). O presente estudo se destaca com evidências práticas relacionadas ao desempenho da AIA e seus benefícios para a sociedade e o meio ambiente local (Montaña & Souza, 2015).

APOIA-NovoRural

Para atender às necessidades de avaliação de uma agricultura multifuncional moderna (Granziera & Saes, 2014), o Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades Rurais (APOIA-NovoRural) foi concebido e aperfeiçoado para avaliação de atividades de adequação tecnológica agropecuária e gestão ambiental. Seu emprego objetiva analisar as condições de manejo das atividades produtivas na escala do estabelecimento rural, assim como assessorar os produtores rurais e tomadores de decisão, contribuindo dessa forma para o desenvolvimento local sustentável (Rodrigues & Campanhola, 2003; Rodrigues *et al.*, 2010; Demattê *et al.*, 2014).

Esse sistema engloba 62 indicadores ambientais construídos em matrizes de ponderação formuladas para análise de múltiplos atributos, segundo as cinco dimensões de sustentabilidade: Ecologia da Paisagem, Qualidade Ambiental (Atmosfera, Água e Solo), Valores Socioculturais e Valores Econômicos, e Gestão e Administração (Figura 1) (Rodrigues & Campanhola, 2003; Rodrigues *et al.*, 2010; Demattê *et al.*, 2014). Os resultados podem ser apresentados em gráficos que permitem a análise do desempenho de uma única unidade e, também, possibilita fazer comparações entre as unidades produtivas, assim como em outros métodos avaliados por Cândido *et al.* (2015).

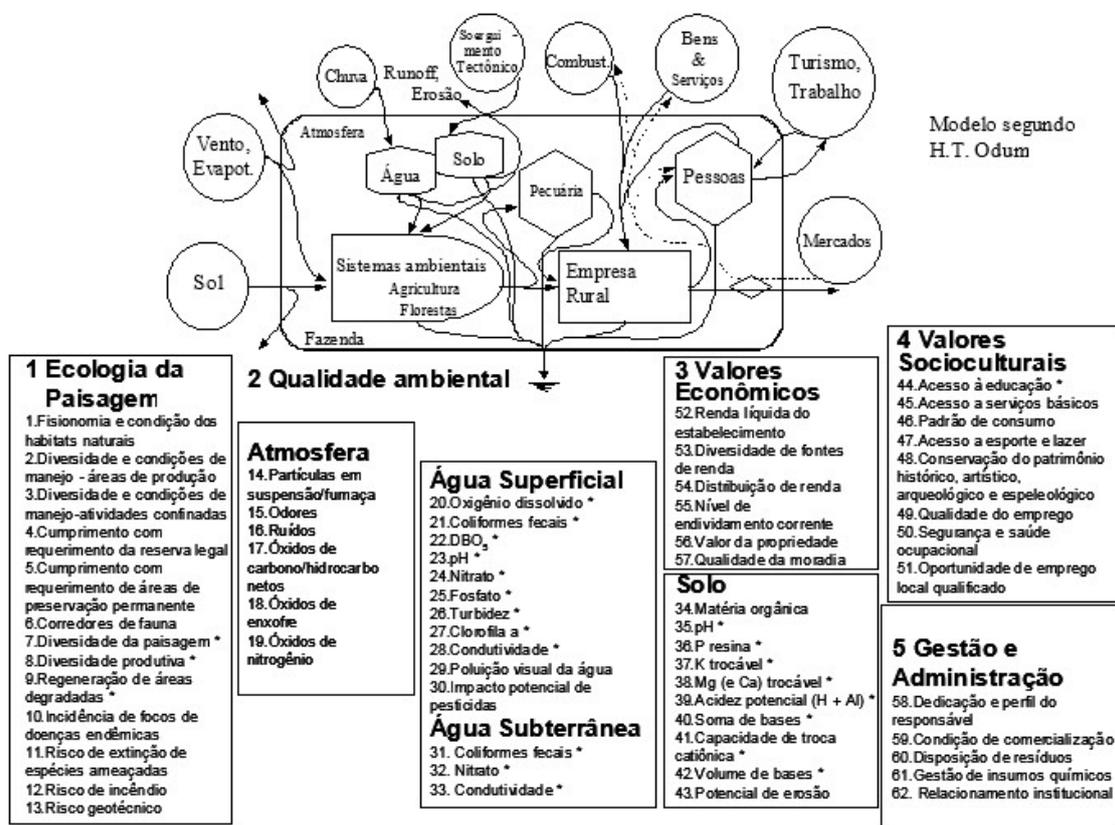


Figura 1. Dimensões de sustentabilidade dos indicadores de um estabelecimento rural.

Fontes externas de matéria e energia associadas a estoques internos; unidades ambientais e produtivas exportam produtos e recebem a compensação dos mercados, conectam-se com fluxos de reciclagem, retroalimentação e controle (APOIA-NovoRural) (Rodrigues & Campanhola, 2003).

Ambitec-Agro

O sistema Ambitec-Agro foi desenvolvido para avaliar impactos ambientais de inovações tecnológicas agropecuárias com uma plataforma de execução simples e baixo custo, passível de aplicação a todo o universo tecnológico e ambiental de inserção institucional (Irias, Gebler, Palhares, Rosa & Rodrigues, 2004). Consiste de um conjunto de matrizes de ponderação multicritério para indicadores integrados (Figura 2), relacionados aos efeitos da adoção tecnológica. Os dados de variáveis quantitativas de área são expressos nas matrizes de ponderação como 'coeficientes de alteração' padronizados com valores entre -3 (decréscimo no indicador) a +3 (acréscimo), que refletem os efeitos da tecnologia ou atividade estudada (Rodrigues, Campanhola & Kitamura, 2002; Rodrigues, Campanhola, Kitamura, Irias & Rodrigues, 2005; Rodrigues 2015). Os indicadores são ponderados segundo a relevância na composição do critério. Quando os coeficientes de alteração são levantados em campo, são inseridos nas matrizes e os índices de impacto são calculados para cada indicador de maneira combinada, compondo o índice de impacto em escala final ± 15 . Ao inserir os coeficientes em todas as matrizes de ponderação o Índice de Desempenho da Inovação Tecnológica é gerado (Rodrigues, 2015).

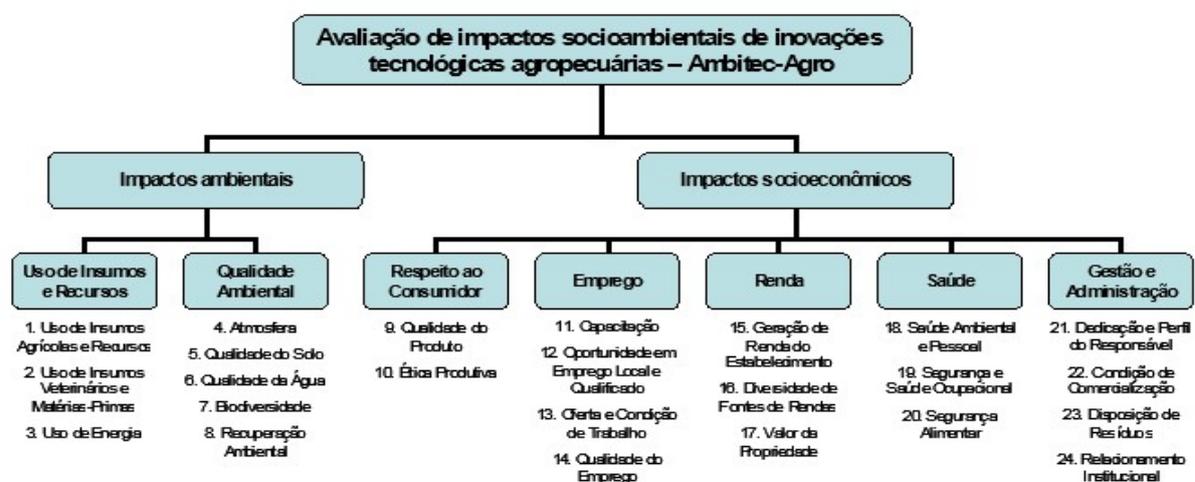


Figura 2. Diagrama com as dimensões e critérios considerados de campo para a avaliação de desempenho de inovações tecnológicas e atividades rurais com o sistema Ambitec-Agro.

METODOLOGIA

Para subsidiar a transição agroecológica de uma centenária fazenda, em Pindamonhangaba – SP, foi adotado um processo de pesquisa-ação como instrumento pedagógico e prático para que os agroecossistemas em transição superassem os pontos críticos no processo de conversão para sistemas de produção sustentáveis. Por meio da implantação e manejo de unidades de experimentação participativa, conforme proposto por Cardoso *et al.* (2013), foram conduzidos entre os anos de 2011 a 2015 diversos experimentos de conversão agroflorestal nas plantações de guanandi, de maneira concomitante com a avaliação dos impactos das pesquisas na gestão e administração da unidade de produção.

A abordagem metodológica teve como contexto o espaço-temporal da conversão agroflorestal da produção de guanandi em terraço e várzea, a diversificação arbórea, a adequação ambiental e a multifuncionalidade da unidade produtiva, inicialmente, empregando o Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades Rurais (APOIA-NovoRural – Rodrigues & Campanhola, 2003; Rodrigues, 2015) e em uma segunda etapa com o Sistema de Avaliação dos Impactos de Pesquisas e Tecnologias Ambitec-Agro, caracterizando os impactos das pesquisas na gestão ambiental da unidade de produção (Rodrigues *et al.*, 2005; Rodrigues, 2015).

APOIA-NovoRural

Os dados obtidos foram inseridos em matrizes de ponderação exibindo automaticamente os índices gráficos de desempenho agregados em índices integrados. Cada indicador conteve dados comparativos da situação prévia e posterior à implantação da atividade, com fatores de ponderação para causa e níveis de impactos e escalas de variação percentual dos índices (Rodrigues & Campanhola, 2003; Rodrigues *et al.*, 2010). Ao final, os indicadores das matrizes de ponderação foram agregados pelo valor médio para o conjunto de indicadores em cada dimensão, expressos por meio de um gráfico-síntese da sustentabilidade, onde a linha de base (0,70) foi representada na cor vermelha e os índices de cada componente do Sistema APOIA-NovoRural, em azul, verificando-se as dimensões que merecem maior atenção e aquelas que contribuem de forma positiva para o desempenho ambiental do estabelecimento. Foram gerados gráficos específicos, que abrange todos os indicadores agrupados nas seguintes dimensões:

- I. Ecologia da paisagem (EcolPaisag): matrizes de ponderação para 13 indicadores referentes à fitofisionomia e condição dos habitats naturais, áreas de produção, atividades não agrícolas e produção animal. Inclui o cumprimento da reserva legal e áreas de preservação permanente (APP), recuperação de áreas degradadas, corredores ecológicos, focos e vetores de doenças endêmicas, riscos às espécies ameaçadas de extinção, riscos de incêndio e geotécnico. Os levantamentos foram realizados com o auxílio de imagens de satélite e plantas do estabelecimento verificadas com GPS.
- II. Qualidade ambiental: incluiu (a) Qualidade da Atmosfera, (b) Qualidade da Água e (c) Qualidade do Solo, composta de 30 indicadores. Amostras de água e solo foram obtidas para caracterizar a situação antes (fora da área de influência) e posterior (com influência) das atividades produtivas em avaliação. Cada componente da dimensão foi apresentado separadamente resultando no respectivo índice de desempenho ambiental:
 - a. QualAmb-atm: matrizes de ponderação para seis indicadores de referência sobre emissões gasosas e Qualidade da Atmosfera. Inclui a produção de partículas em suspensão, fumaça, gases poluentes (óxidos de carbono, enxofre e nitrogênio), odores e ruídos. Dada a complexidade dos procedimentos, suas considerações basearam-se em alterações sensoriais observadas na avaliação.
 - b. QualAmb-água: matrizes de ponderação para 14 indicadores selecionados de Qualidade da Água, incluindo os aspectos físico-químicos e biológicos das águas superficiais e subterrâneas, poluição visual e o impacto potencial por pesticidas. Certos indicadores (O_2 , pH, condutividade e turbidez) foram medidos no campo com uma sonda multi-parâmetro Horiba (U-10). Nitrato e fosfato foram analisados com um reflectômetro de campo Merck RQFlex. Níveis de coliformes fecais foram estimados com tiras de cultura Technobac (AlphaTecnológica). Amostras de água foram levadas ao laboratório para análises de DBO_5 com espectrofotômetro HACH.
 - c. QualAmb-solo: matrizes de ponderação foram geradas para 10 indicadores de Qualidade do Solo, com base na rotina para fertilidade química e informações coletadas a campo referentes à presença de processos erosivos. As análises de solos foram realizadas em laboratórios especializados e os resultados quantitativos inseridos nas matrizes de ponderação.
- III. Valores socioculturais (Valsociocult): matrizes de ponderação para oito indicadores, abrangendo a qualidade da vida, acesso à educação, serviços básicos, esporte e lazer, padrão de consumo, patrimônio histórico e emprego, benefícios legais, segurança, saúde ocupacional e qualificação dos

trabalhadores, obtidas por meio de entrevistas.

- IV. Valores econômicos (Valecon): matrizes de ponderação para seis indicadores foram geradas com informações obtidas em entrevistas sobre a renda do estabelecimento, a estabilidade, segurança e evolução do montante líquido do empreendimento, a diversidade de fontes de renda e a distribuição da renda entre os trabalhadores. Endividamento, patrimônio e qualidade da moradia também foram considerados.
- V. Gestão e administração: matrizes de ponderação foram geradas para cinco indicadores, considerando o perfil gerencial, as condições de comercialização, o destino, reciclagem e o tratamento dos resíduos e insumos químicos, e o relacionamento institucional.
- VI. AIA-final: a planilha integrou graficamente os resultados dos indicadores de desempenho ambiental agrupados em cada dimensão de sustentabilidade. Verificaram-se quais indicadores devem ser priorizados para a melhoria da gestão e quais contribuirão para o desempenho ambiental. Da mesma maneira, as dimensões foram agrupadas para a obtenção do Índice de Sustentabilidade final.

Os resultados foram comparados por meio de regressão linear simples com 178 estudos de caso que seguiram a mesma base metodológica no rol de trabalhos da Embrapa Meio Ambiente.

Ambitec-Agro

A avaliação dos impactos da conversão agroflorestal da produção de guanandi e da diversificação arbórea com o método Ambitec-Agro se desenvolveu nas seguintes etapas: capacitação da equipe de pesquisadores e gestores da fazenda, definição da área geográfica para contextualização da avaliação (Figura 3), reunião e oficina de treinamento de avaliadores externos (Tabela 1), vistoria de campo com o levantamento dos dados, análise dos indicadores e preenchimento das matrizes de ponderação; e avaliação dos índices de desempenho e relatório com a proposição de tecnologias para conversão de pontos fracos em vantagens socioambientais (Rodrigues 2015).

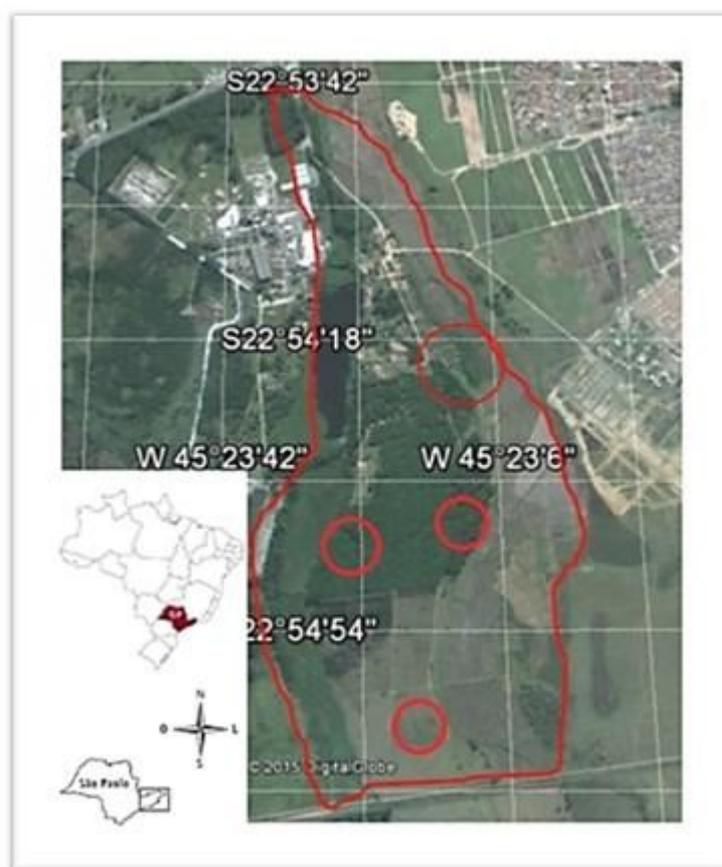


Figura 3. Área física da Fazenda Coruputuba com círculos indicando os pontos de visitação. Fonte: Google Earth (2018).

Tabela 1. Avaliadores externos que participaram da Oficina sobre impactos ambientais da diversificação arbórea e agroflorestal, na Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba – SP

Áreas de atuação	Quantidade	Instituições e Representações	Municípios
Pesquisas em Gestão ambiental	3	Laboratório de Gestão Ambiental da Embrapa Meio Ambiente	Jaguariúna
Pesquisas em Aquicultura e Fitotecnia	4	Pólo Regional Vale do Paraíba da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios	Pindamonhangaba

Pesquisas em Plantas medicinais	1	Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas e Biológicas da Universidade de Campinas	Campinas
Medicina	1	Profissional liberal	Jaguariúna
Extensão rural	2	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI	Pindamonhangaba
Extensão rural	1	CATI - Núcleo de Produção de Sementes	Taubaté
Licenciamento Ambiental	1	Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais Renováveis da Secretaria de Meio Ambiente – SP	Taubaté
Ensino superior em Gestão Ambiental	1	Faculdade de Roseira	Roseira
Ensino superior em Agronomia	1	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	Seropédica
Tecnóloga em Gestão Ambiental	1	Organização Não Governamental Pátio das Artes	Roseira
Rizicultor, horticultor e floricultor	2	Propriedades rurais em Agricultura	Guaratinguetá, Roseira, Pindamonhangaba
SAF, Silvicultor de eucalipto, guanandi e acácia	4	Propriedades rurais em Silvicultura	Pindamonhangaba, Lorena
Pecuária de Leite	2	Propriedades rurais em Pecuária	Lorena, Roseira
Empreendedor	2	Mercado imobiliário	Pindamonhangaba
Total	26	14	8

Os participantes foram sensibilizados sobre as questões ambientais, socioeconômicas e tecnológicas; visitaram os campos experimentais de cultivo de guanandi, acácia, eucalipto e SAF; assistiram às palestras sobre o histórico da fazenda, da implantação e manejo dos experimentos e sobre a aplicação do sistema Ambitec-Agro. Com embasamento técnico adquirido 17 pessoas contribuíram com o preenchimento das fichas de avaliação, sendo orientadas a trabalhar com a situação hipotética de que gostaria de transformar por meio dos SAF e da diversificação arbórea, com base em uma das três áreas tecnológicas predominantes na região: Agricultura, Pecuária ou Silvicultura, seguindo-se a tabulação dos dados e apresentação do resultado final.

RESULTADOS

Situada em Pindamonhangaba - SP, na região metropolitana paulista do Vale do Paraíba, a Fazenda Coruputuba completou 100 anos no ano de 2011; eleito pela Organização das Nações Unidas – ONU como o ‘Ano Internacional das Florestas’. Essa unidade inovou em ciência e tecnologia florestal desde que se tornou pioneira na produção de papel craft com a casca e a palha que são resíduos da cultura do arroz, na década de 1945, e foi uma das unidades de produção que introduziu a cultura do eucalipto no ano de 1965 nessa região. Atualmente, novas oportunidades estão sendo avaliadas com a diversificação arbórea e a conversão agroflorestal em áreas cultivadas com espécies nativas e exóticas, destacando-se:

- Guanandi - *Calophyllum brasiliense* Cambess., espécie florestal nativa secundária intermediária tardia da família Calophyllaceae que ocorre naturalmente em solos inundáveis ou mal drenados da América Central ao Sul do Brasil (Oliveira & Joly, 2010). Adapta-se aos terrenos suave ondulados, ácidos e solos intemperizados. Estão sendo cultivados cerca de 10 hectares com guanandi substituindo a cultura do arroz em várzea; e em quatro hectares de terraço fluvial que margeiam a várzea, em rotação com pastagem e eucalipto. O lento crescimento inicial e a concorrência com plantas espontâneas indesejáveis demandaram da pesquisa a conversão agroflorestal para gerar renda no curto e médio prazo e promover melhorias nas condições de cultivo e no meio ambiente em terraço e várzea.
- Acácia - *Acacia mangium* Willd, árvore leguminosa (Fabaceae) de rápido crescimento que se adapta aos solos ácidos e com teor de fósforo muito baixo. Originária da Austrália, Papua Nova Guiné, Nova Guiné Ocidental e ilhas

próximas; é hábil na restauração de solos degradados ao adicionar expressiva quantidade de serapilheira de baixa relação C/N rica em nitrogênio e bases trocáveis, beneficiando a atividade biológica e a ciclagem de nutrientes. A árvore é multiuso, produz madeira para movelaria, indústria e energia, celulose, resinas e taninos (Attias, Siqueira & Bergallo, 2013). Estão em cultivos cerca de 90 hectares de acácia nos terraços em rotação com pastagem e eucalipto. O cultivo visa constituir novo mercado de madeiras nobres para movelaria e artesanato na região do Vale do Paraíba.

O objetivo da avaliação da unidade com metodologias apropriadas foi auxiliar a transição para uma gestão e produção mais sustentáveis, tornando a unidade referência no uso do solo nas terras baixas do Vale do Paraíba.

APOIA-NovoRural

A Fazenda Coruputuba se destacou como estabelecimento rural histórico com gestão dirigida à recuperação da viabilidade econômica por meio do desenvolvimento tecnológico agroflorestal e do uso equilibrado do solo em 209 hectares de área total; sendo 159 hectares dedicados principalmente à produção florestal e agrícola de arroz, horticultura em regime de parceria e infraestrutura, restando 50 hectares de habitats naturais antropizados em regeneração natural.

O interesse pela conservação da biodiversidade e dos recursos naturais demandou um modelo de gestão compartilhado em que a pesquisa participativa auxiliou a gestão do empreendimento à recuperar a fitofisionomia de maneira que a exploração em áreas restauradas se tornasse mais sustentáveis ao longo do tempo e sem impactar a geração de postos de trabalho e renda. A viabilidade econômica da diversificação agroflorestal e da restauração das matas ciliares nos terraços e dos solos na várzea está sendo obtida por meio do resgate de culturas tradicionais, tais como a mandioca de mesa - *Manihot esculenta* Crantz, o feijão guandu - *Cajanus cajan* (L.) Huth, a araruta - *Maranta arundinaceae* L., o taro – *Colocasia esculenta* (L.) Schott e a palmeira juçara – *Euterpe edulis* Mart. Houve importantes contribuições das novas tecnologias para a sustentabilidade ambiental do estabelecimento, conforme verificado nos seguintes quesitos avaliados:

Ecologia da paisagem

A diversificação de espécies arbóreas e os SAF beneficiaram o indicador em

relação às Condições de manejo das áreas de produção agropecuária (0,86), à Diversidade da paisagem (0,75) e ao Risco de extinção de espécies ameaçadas (0,90). O quesito mais prejudicial a essa dimensão foi a falta do Cumprimento com o Requerimento de Reserva Legal (0,46). Para solucionar essa pendência os administradores realizaram a inscrição da fazenda no CAR – Cadastro Ambiental Rural (Figura 4), propondo como áreas de reserva legal áreas antrópicas em estágio inicial de regeneração natural. Com a regularização fundiária em andamento outros índices poderão ser beneficiados, tais como: Corredores de Fauna (0,70), Regeneração de Áreas Degradadas (0,70) e o Cumprimento com requisitos de áreas de preservação permanente (0,70).

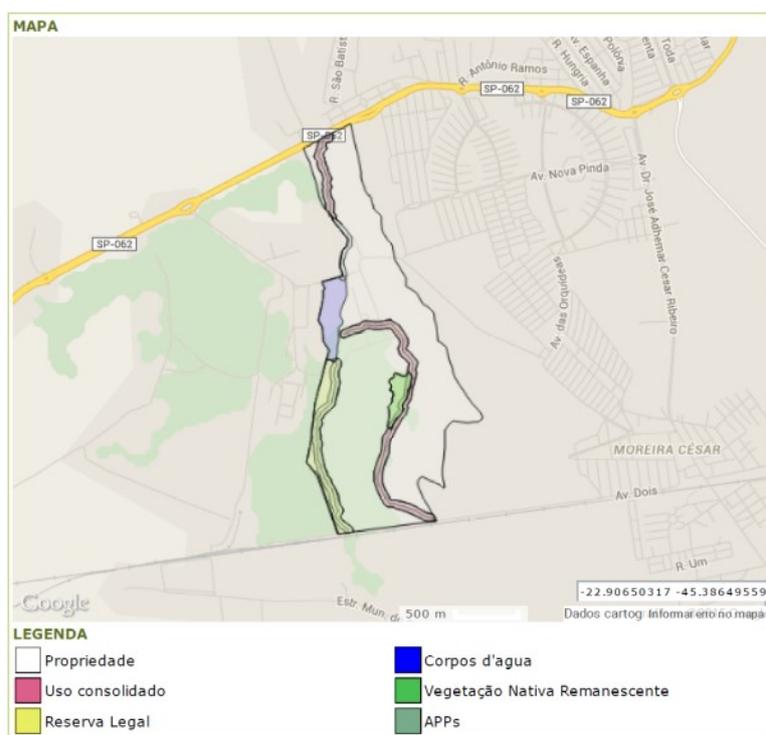


Figura 4. Mapa do CAR – Cadastro Ambiental Rural da Fazenda Coruputuba, indicando áreas de preservação permanente e reserva legal gerado na plataforma da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Pindamonhangaba, SP).

Com a diversificação da produção arbórea e a consolidação dos SAF em conformidade com a legislação, são previstos benefícios para a regeneração e a proteção de habitats naturais. Essas atividades contribuirão com os indicadores de Risco de incêndio (0,98) e Risco geotécnico (0,90). Esses dados são relevantes para a região do Vale do Paraíba, pois, predomina nos reflorestamentos a monocultura do eucalipto (Devide *et al.*, 2014). Em 2011, a área cultivada chegou a 12% do estado e 2,5% do País, com um aumento de 32% (2001-2007) (Arguello, Batista, Ponzoni & Dias, 2010) sobre áreas de pastagens (55%), vegetação secundária (15%), mata de

galeria (9%), solo exposto (7%) e o restante sobre áreas queimadas.

A diversificação de atividades produtivas, também, conferiu variação na composição da renda: silvicultura, cultivos agrícolas, floricultura e apicultura em parceria, contribuíram para a melhoria no indicador de Diversidade produtiva (1,0). Ainda que não resulte em um índice absoluto elevado (0,62), isto enfatiza a necessidade de incrementar as receitas com os SAF visando à manutenção da segurança econômica e social com a inserção dos produtos no mercado regional.

Característica da Ecologia, a conservação da biodiversidade focou a análise da paisagem além das fronteiras da propriedade, considerando as espécies de relevante valor ecológico (0,90) (Figura 5) e a formação de zonas de refúgio para a fauna e corredores de vegetação. Como a dispersão das sementes do guanandi é zoocórica e hidrocórica seu cultivo deve beneficiar a fauna e a colonização natural de áreas de várzea e brejos no entorno das áreas de cultivo. Os morcegos, como principais dispersores, são mais vistos nos SAF em locais utilizados como poleiros naturais, principalmente, abaixo das folhas das bananeiras, onde ocorre abundante regeneração natural (Devide *et al.*, 2019).

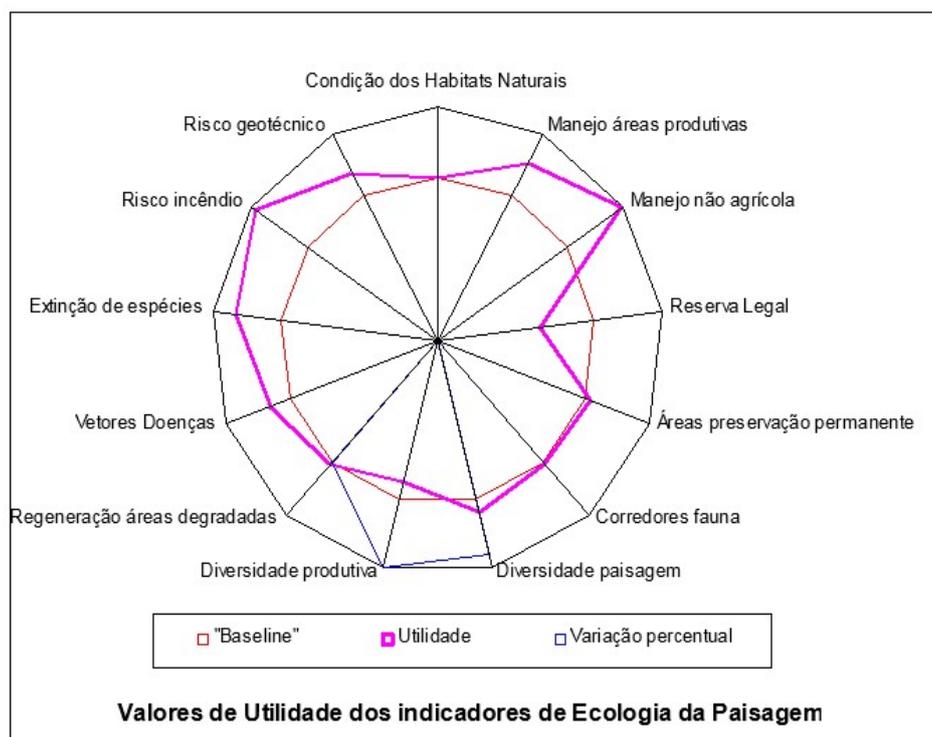


Figura 5. Dimensão Ecologia da Paisagem (APOIA-NovoRural) da Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba/SP.

Qualidade ambiental

A Ecologia da paisagem contribuiu para elevados índices de desempenho nos indicadores de Qualidade ambiental. Novas práticas de manejo adotadas nos SAF tais como: associação de espécies, adubação verde, o cultivo mínimo, a fixação biológica do nitrogênio (FBN) através da inoculação de mudas de acácia com estirpes de bactérias selecionadas na Embrapa Agrobiologia, o biocontrole do 'moleque-da-bananeira' *Cosmopolistes sordidus* Germ. (Coleoptera: Curculionidae) com o fungo *Beauveria bassiana*, resultaram em redução na dependência por insumos externos e no combate à contaminação ambiental, principalmente, por suprimir o uso de adubos sintéticos nitrogenados, herbicidas e inseticidas.

Emissões atmosféricas são pouco importantes (0,83) estando relacionadas à movimentação de tratores e à secagem do arroz em um período determinado do ano. Neste caso as operações que geram ruídos ocorrem em recintos onde se empregam os equipamentos de proteção, sem que a poluição atmosférica ou sonora se dê em larga escala (Figura 6).

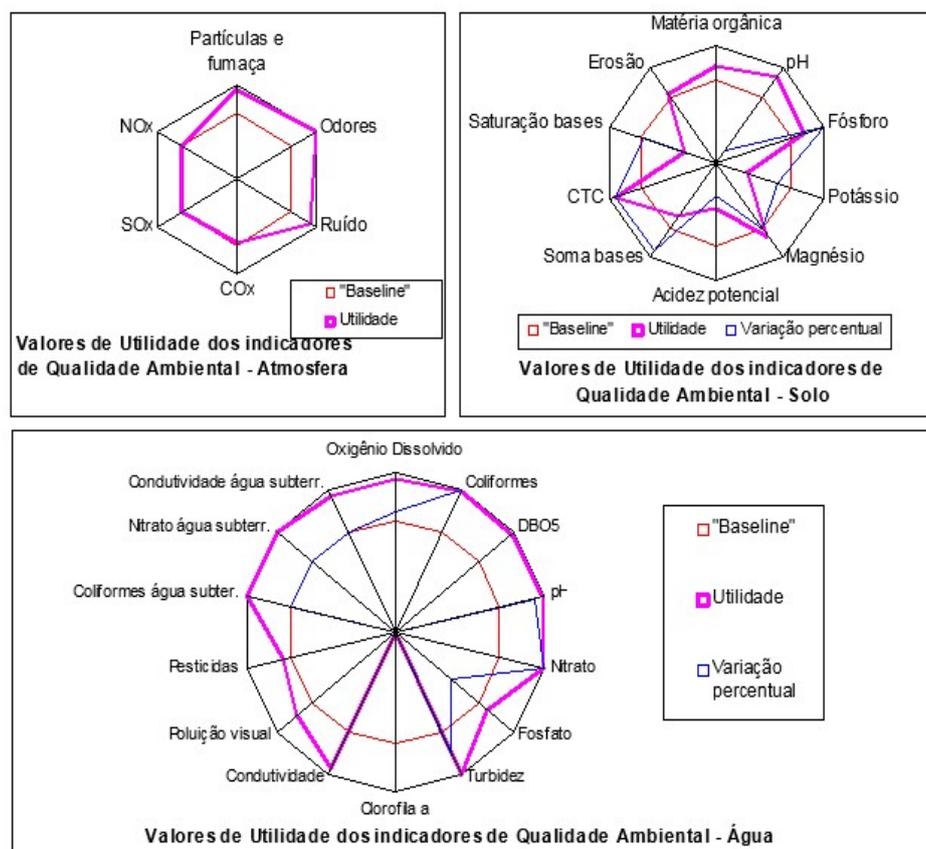


Figura 6. Dimensão Qualidade Ambiental: Atmosfera, Água e Solo (APOIA-NovoRural). Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba/SP.

A Análise da Qualidade da Água (0,94) tomou como referência o ribeirão Capituba que corta a propriedade. Amostras foram retiradas nos limites, à montante e à jusante das áreas cultivadas. Encontrou-se elevados níveis de oxigenação da água ($8,9 \text{ mg L}^{-1}$, índice = 0,96) e adequados níveis para coliformes (0,99); baixos valores de demanda de oxigênio ($\text{DBO}_5 = 0,98$) caracterizaram a balneabilidade e a potabilidade, que são características para águas de Classe 2, após o devido tratamento (Figura 6). Os níveis foram baixos para nitrato (4 mg L^{-1} , índice = 1,0), turbidez ($1,3 \text{ UNT}$, índice = 1,0), condutividade (0,95) e pH (0,99), com níveis de fosfato elevados, mas ainda assim adequados (0,78), com sinais de pequena poluição visual (0,83). O recurso hídrico é utilizado na irrigação e na dessedentação de animais. Nas coletas à jusante da propriedade o preparo do solo para o cultivo de arroz com lâmina niveladora mecanizada gerou ondas de lama que carregaram sedimentos e nutrientes para os canais de drenagem no momento da análise, deixando a água turva com níveis de oxigenação diminutos nas amostras efluentes da rizicultura ($7,6 \text{ mg L}^{-1}$, índice de desempenho = 0,90), com DBO_5 elevada, embora ainda adequada ($1,7 \text{ mg L}^{-1}$, índice = 0,98); turbidez muito superior (180 UNT , índice = 0,53 abaixo da linha de base) e fosfatos muito superiores aos permitidos ($0,77 \text{ mg L}^{-1}$, índice = 0,17). Deve ter atenção quanto ao Impacto de pesticidas (0,76), uma vez que a produção de arroz e rosas utilizam produtos químicos que interferem nos recursos hídricos. Já os indicadores das águas subterrâneas do poço de área destinada à produção de mudas florestais apresentaram índices de qualidade com baixos níveis de coliformes (índice = 1,0) e de nitrato (1,0), mas, devido aos elevados teores de ferro; generalizado em toda a região em virtude dos altos teores desse elemento químico nos solos; resultaram em condutividade elétrica pouco elevada (0,95), ainda que adequada para águas de Classe 2. Há, portanto, demanda tecnológica por um método de cultivo mínimo e o sistema de plantio direto (SPD) para culturas anuais; bem como o plantio de guanandi nos camalhões (diques) no entorno dos tabuleiros de cultivo de arroz. Isto, como tecnologias para aumentar a conservação do solo e funcionar como barreira de retenção dos nutrientes e sedimentos que seriam carregados para o curso d'água, além de aumentar a biodiversidade na unidade produtiva.

Em geral a Qualidade do solo não alcançou conformidade com a linha de base, devido, principalmente, à baixa fertilidade natural dos solos de várzea, o que caracteriza a necessidade de medidas corretivas e adubação, para o restauro da fertilidade química e adoção de técnicas conservacionistas para restaurar a estrutura física e manter a capacidade produtiva em níveis sustentáveis (Figura 6). Os

problemas observados nesses solos foram os baixos níveis de pH (0,67), de fósforo e potássio trocáveis (0,53 e 0,29, respectivamente), e de soma e saturação de bases (0,47 e 0,31, respectivamente), ao passo que a acidez potencial foi elevada (0,45). Nos terraços a fertilidade é moderada apenas para o fósforo (0,39). Nesse caso a textura arenosa e a fraca estrutura demandam medidas conservacionistas para aumentar a retenção de nutrientes móveis, tal como o K^+ . A adubação verde e as culturas em consórcio com guanandi devem incrementar o aporte de matéria orgânica rica em nitrogênio e intensificar a reciclagem de nutrientes no SAF. A acácia, devido ao rápido crescimento nos terraços, também aporta abundante quantidade de serapilheira, reduzindo a lixiviação de nutrientes e a necessidade de capinas por meio do recobrimento.

Os solos de várzea apresentaram teores de argila elevados, alcançando um índice de 0,93 contra 0,91 no terraço. Esses solos demandam cuidados para a regeneração da estrutura física, uma vez que o cultivo de arroz ocasionou a formação de camadas maciças subsuperficiais. Neste ambiente ocorre a ferrólise, que consiste na hidratação e desidratação do ferro e a consequente oscilação do pH, liberando para a solução do solo as bases essenciais, que podem ser removidas no processo de laminação durante inundações frequentes que ocorrem no verão. Em relação à erosão, o índice situou-se pouco acima da linha de base (0,73), devendo considerar o efeito das enxurradas nas várzeas que provocam a remoção de partículas finas (silte e argila) e nutrientes. O manejo agroecológico da vegetação espontânea, o consórcio de culturas anuais, adubação verde e o SAF, como já citados, assumem papel importante na conservação do solo nas áreas de cultivo de guanandi, interceptando as águas e forçando a recarga no perfil de várzea.

Valores socioculturais

Se destacam as condições atuais do trabalho e a qualidade de vida dos funcionários – nove famílias empregadas. A dimensão Valores socioculturais atingiu nível superior ao preconizado na linha de base do Sistema (Figura 7). Os indicadores Oportunidade de emprego local qualificado (0,87), devido à capacitação dos funcionários para a produção agroflorestal por meio de parceria com a APTA - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios; a Segurança e saúde ocupacional (0,79), devido à característica da silvicultura e a modificação do sistema na transição agroecológica menos dependente por insumos externos, restringindo o controle de formigas cortadeiras com iscas granuladas, porém, mantendo-se a utilização de herbicidas no cultivo de rosas realizado em parceria com terceiros; e a Qualidade do emprego (0,81), com garantias legais e benefícios oferecidos aos trabalhadores.

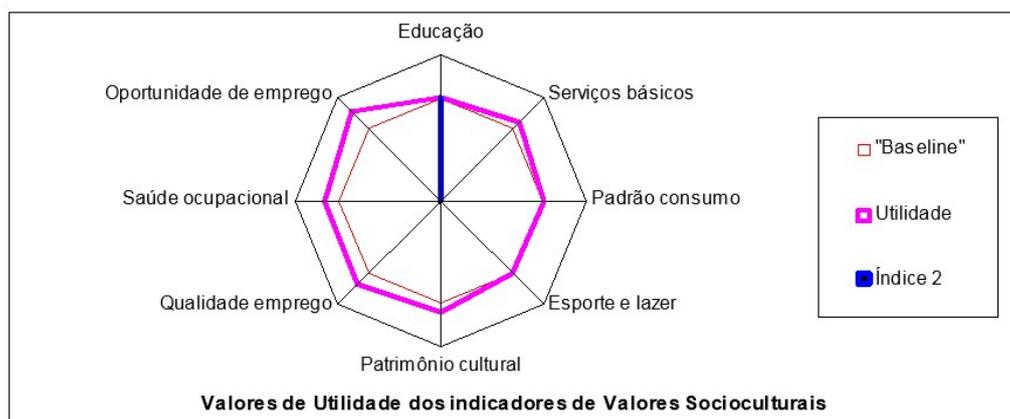


Figura 7. Dimensão Valores Socioculturais (APOIA-NovoRural), Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba/SP.

O indicador Acesso à educação (0,71) se referiu à parcela de funcionários que receberam capacitação técnica via cursos e treinamentos; e de familiares residentes que frequentam cursos regularmente. Um único indicador coincidiu com a linha de base, o Acesso a esporte e lazer (0,70), devido a não participação dos funcionários em atividades de lazer, apesar de o proprietário realizar atividades com regularidade.

Valores econômicos

O desempenho socioambiental associado às condições econômicas satisfatórias obteve o índice de 0,85 com destaque para dois indicadores: Qualidade da moradia e Valor da propriedade (Figura 8). O empreendimento realiza investimentos em benfeitorias, manutenção dos meios de produção e assegura condições adequadas para a qualidade de vida dos trabalhadores e residentes. Destacaram-se a renda líquida do estabelecimento (0,97) e a Diversidade de fontes de renda (0,81). Porém, o índice de Distribuição de renda (0,63) ficou abaixo da meta, uma vez que os empregados não participam dos lucros do estabelecimento e percebem o salário mínimo, sem o pagamento de horas extra ou adicional de insalubridade.

Em relação ao Nível de endividamento (0,70), os investimentos na diversificação de cultivos, em benfeitorias, meios de produção e na conservação dos recursos naturais, protegendo habitats naturais que garantirão a conformidade com a legislação ambiental, atrativo ao turismo rural, ecológico e pedagógico, e a

manutenção da qualidade e quantidade das águas para o uso sustentável da irrigação e processos agroindustriais, não gerou endividamento.

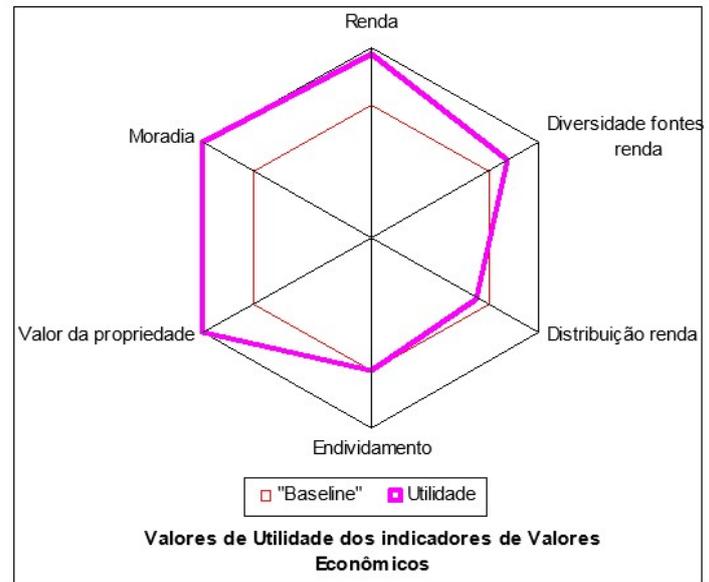


Figura 8. Dimensão Valores Econômicos (APOIA-Novorural). Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba/SP.

Gestão e administração

O desempenho observado para os indicadores da dimensão Gestão e administração foi próximo à linha de base (0,69), prejudicado pelo o fraco Relacionamento institucional (0,57), Disposição de resíduos (0,67) e Condição de comercialização (0,69). O quesito Dedicção e perfil do responsável (0,83) caracteriza a provável evolução positiva na gestão do empreendimento. O indicador Gestão de insumos químicos situou-se na linha de base, necessitando adequar o manuseio com o uso de equipamentos de proteção (EPI) assegurando o correto descarte de embalagens (Figura 9).

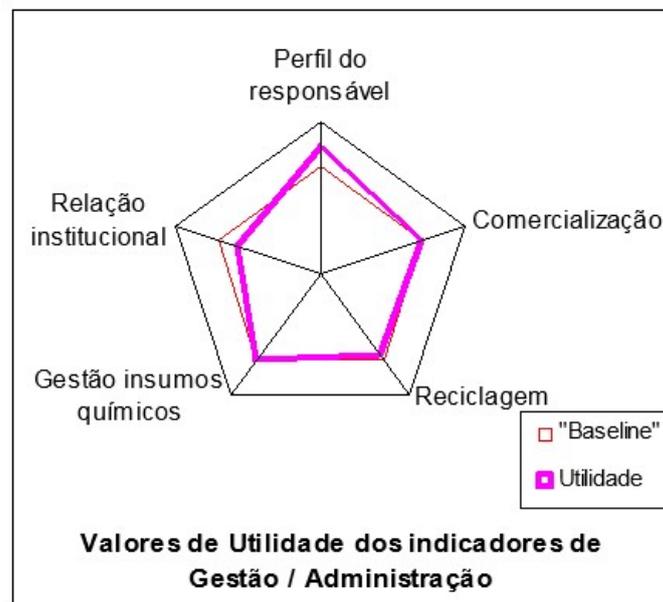


Figura 9. Dimensão Gestão e Administração (APOIA-Novo-Rural). Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba/SP.

A Fazenda Coruputuba, por meio da análise de sustentabilidade com o sistema APOIA-NovoRural, apresenta-se como um modelo de referência de agricultura multifuncional para a região de terras baixas do Vale do Paraíba. Ao integrar a silvicultura com atividades agrícolas por meio do SAF, mantendo a integração da produção em regime de parcerias com atividades não agrícolas (turismo rural e pedagógico), confere ao estabelecimento uma diversidade de atividades de produção e de mercado. O índice integrado de sustentabilidade, calculado para a média dos 62 indicadores estudados, alcançou o valor de 0,79 em uma escala de 0 a 1,0 com a linha de base modelada em 0,70 (Figura 10).

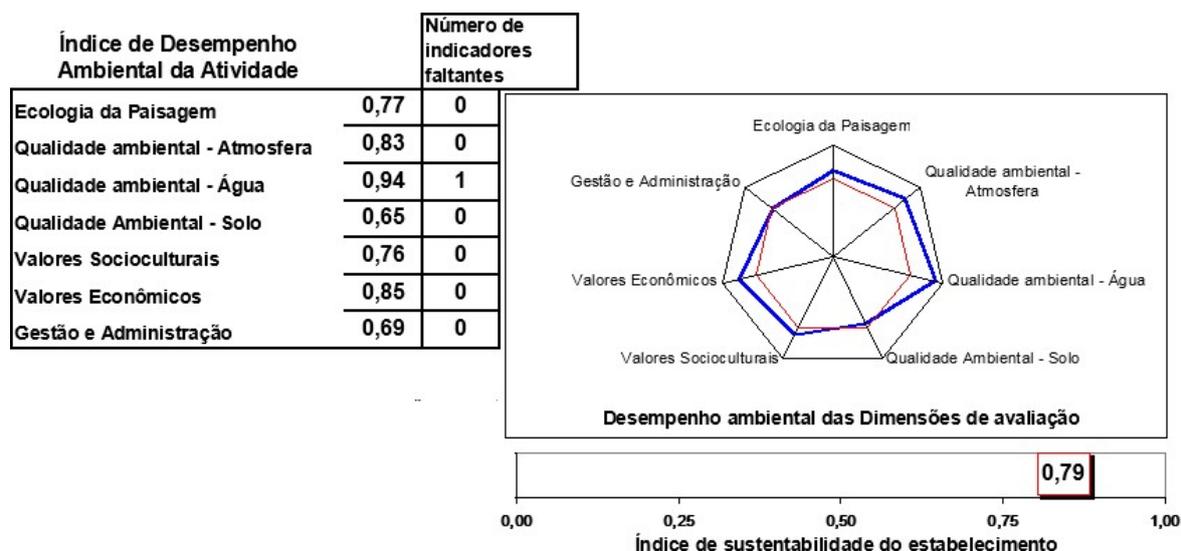


Figura 10. Índices de sustentabilidade na Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba/SP.

A Fazenda Coruputuba se situou entre os cinco mais elevados índices de desempenho ambiental observados em um universo de 178 estudos de caso realizados com a mesma abordagem metodológica (Figura 11).

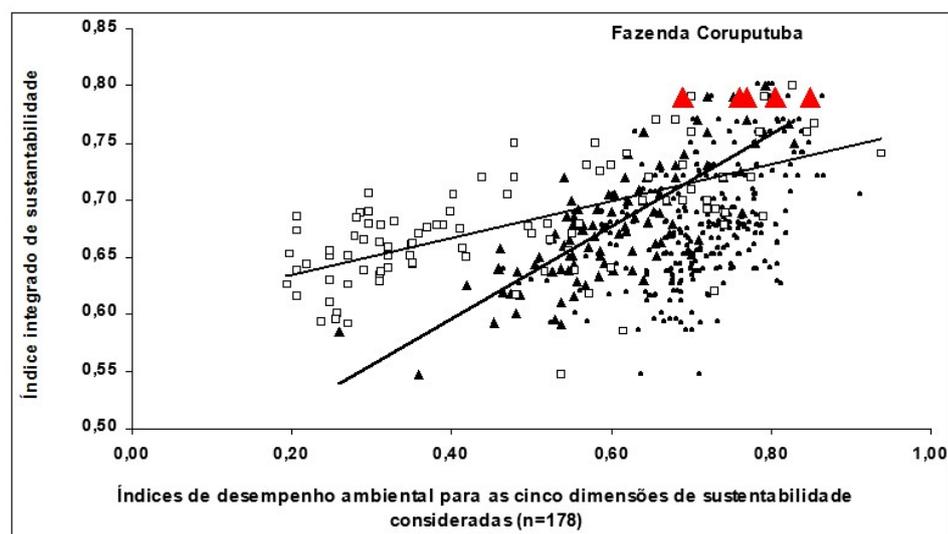


Figura 11. Comparação do desempenho da Fazenda Coruputuba em relação a 178 estudos de caso (APOIA-NovoRural) (Rodrigues, Rodrigues, Buschinelli & Barros, 2010).

Ambitec-Agro

O Índice geral de desempenho dos SAF com guanandi alcançou o valor de 4,14 (Figura 12), com tendência positiva para praticamente todos os critérios analisados. Os índices de sustentabilidade social e ambiental foram similares dentro

dos grupos de respostas e crescentes na seguinte ordem: Silvicultura (3,03); Pecuária (4,20) e Agricultura (5,20). Nos aspectos que compõem a dimensão de Impactos Ambientais destacaram-se a melhoria da qualidade do solo com práticas agroflorestais que recuperam o ambiente, favorecem a biologia da conservação e aumentam o sequestro de carbono, se comparados com áreas degradadas e pastagens (Méier *et al.*, 2011). Os avaliadores do grupo Silvicultura destacou a redução do uso de insumos externos com os SAF, enquanto o grupo Agricultura considerou que ocorre a redução dos gastos energéticos com a adoção dos SAF. Porém, ambos prevendo o incremento no uso de insumos externos para obter produtividades elevadas de culturas anuais e espécies frutíferas em função do estado atual de baixa fertilidade e da degradação dos solos da fazenda relativos aos processos produtivos do passado.

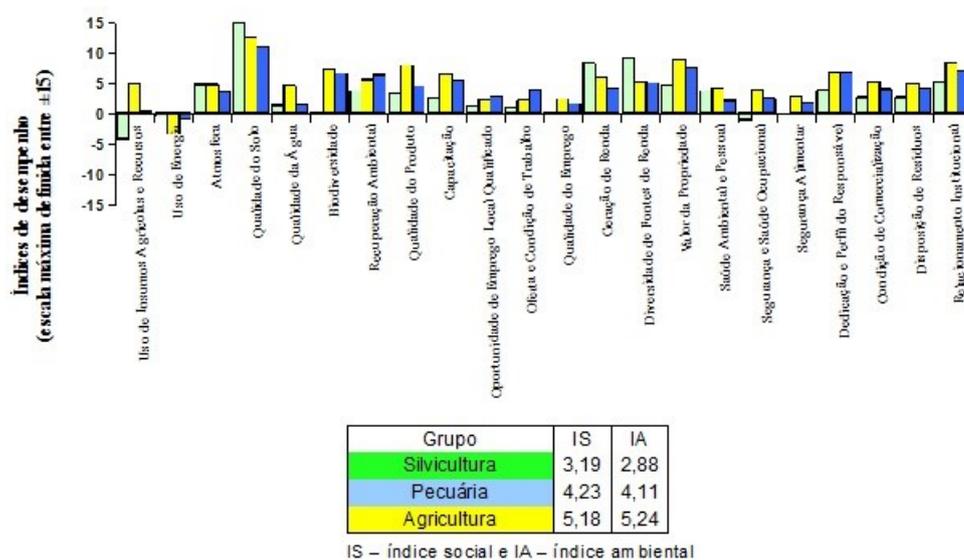


Figura 12. Desempenho socioambiental da Fazenda Coruputuba com base em 125 indicadores de sustentabilidade (Ambitec-Agro).

Quanto ao impacto socioeconômico, os participantes da oficina consideraram que os SAF proporcionaram diversidade de fontes de renda e com isso o incremento da entrada de capital e agregação de valor à propriedade como um todo. Os impactos positivos na gestão da Fazenda Coruputuba foram potencializados com a evolução do bom relacionamento interinstitucional promovido por métodos de pesquisa participativa.

DISCUSSÃO

Além da diversidade arbórea, os SAF são sistemas cada vez mais populares que permitem um melhor uso das terras (Dubois, 1996; Farrell & Altieri, 2018). Ainda fornecem serviços ecossistêmicos, criam um microclima favorável à vida, protegem o solo da insolação, preservam a matéria orgânica da degradação e elevam os teores de carbono em profundidade nos solos (Cardinael *et al.*, 2018). Isto, é essencial para restaurar os aspectos edáficos degradados em ciclos pretéritos no Vale do Paraíba (Ab'Sáber *et al.* 1990; Devidé *et al.*, 2014). Assim como Cardoso *et al.* (2013), a conversão agroecológica e o redesenho dos sistemas de produção com SAF exige a superação dos pontos críticos, especialmente no que concerne à fertilidade dos solos. O manejo do componente arbóreo e arbustivo na abordagem agroflorestal deve auxiliar na evolução da transição agroecológica (Farrell & Altieri, 2018).

Outros estudos da avaliação do impacto ambiental com a mesma base metodológica utilizada nessa pesquisa; porém, focando a Integração lavoura-pecuária e o cultivo em sistema de plantio direto de hortaliças, respectivamente; também, revelaram índices positivos para a qualidade da água, a qualidade do solo e a biodiversidade (Galharte & Crestana, 2010; Lima, 2014), para a proteção do solo, redução do aporte de insumos, conferindo impactos ambientais positivos. Essas tecnologias têm uma relação estreita com os sistemas avaliados em Coruputuba sobre a diversificação arbórea e os cultivos agrícolas inseridos nos SAF cujo sistema de plantio foi realizado em cultivo mínimo ou em plantio direto entre as árvores.

Com a diversidade de produtos e serviços que os SAF proporcionam e o caráter de agricultura multifuncional; modalidade que desempenha um papel importante para o desenvolvimento rural ao incluir os aspectos social, ambiental e cultural (Granziera & Saes, 2014); esse estudo contribui para uma nova lógica de produção, não mais balizada apenas no capital (Breitenbach & Bündchen, 2017), mas, que engloba as externalidades positivas na agricultura multifuncional. Ou seja, valoriza os serviços ecossistêmicos produzidos na unidade de produção (Granziera & Saes, 2014). Essa questão é polêmica, pois a sociedade que necessita desses serviços não remunera o produtor rural. Isto, deve mudar com o aumento da viabilidade econômica, que deve atrair adeptos para agricultura multifuncional pressionando o desenvolvimento de novas políticas públicas para esse setor.

Além de restaurar o ambiente e reduzir os efeitos das mudanças do clima, os SAF são acumuladores de carbono na biomassa aérea e subterrânea. Estimam-se mais de 1.000 milhões de hectares de SAF no mundo todo e de 200 a 357 milhões de hectares na América Latina; o que representa a fixação de carbono em SAF com cultivos perenes superiores aos SAF com cultivos anuais. Com um potencial de captura de carbono no componente aéreo de 0,29 a 15,21 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹, dependendo do local, desenho, espécies, idade e do manejo, é possível fixar nos solos cerca de 30 a 300 Mg de C ha⁻¹ até 1,0 m de profundidade. Enquanto os reflorestamentos fixam de 10 a 14 Mg C ha⁻¹ em intervalos de rotação de 10 anos,

os SAF podem fixar de 6 a 9 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹ em rotação de 40 anos (Salati, Lemos & Salati, 2015).

Na agricultura multifuncional, além da produção agrícola, também, deve-se valorizar a biodiversidade, o patrimônio histórico, a água, a paisagem natural, a mitigação das mudanças do clima com arranjos de produção que aumentem a retenção de carbono, por exemplo, ampliando as áreas com árvores e florestas permanentes, incrementando a quantidade de biomassa produzida e de poluentes absorvidos ou filtrados pela vegetação; bem como proporcionar o lazer e a recreação, ampliando o número de visitantes, beneficiando a saúde com efeito positivo sobre o bem-estar psíquico e físico da população. Em relação aos custos de tais benefícios, novas políticas públicas deverão garantir a divisão do ônus por toda sociedade para que o investimento gere passe a gerar renda ao produtor rural (Ganziera & Saes, 2014).

A participação do produtor rural em todas as etapas do processo experimental atendeu às bases das pesquisas em agroecologia, preconizadas por Guzmán, López, Román & Alonso, (2013) e Petersen, Weid & Fernandes (2009). A avaliação da diversificação agroflorestal para a aplicação dos sistemas e ações de adequação abrangeram os aspectos social, econômico, tecnológico, cultural e também os fatores ecológicos, que são preconizados por Guzmán & Alonso (2010).

Outro aspecto positivo dos sistemas de avaliação e gestão, ainda não mencionados, foi a flexibilidade do mesmo para a primeira ação focada na conversão agroecológica e agroflorestal de uma unidade de produção. Isto, porque os sistemas APOIA-NovoRural e Ambitec-Agro possibilitam selecionar ou excluir indicadores que são adequados para uma determinada situação (Rodrigues, Campanhola & Kitamura, 2002; Rodrigues & Campanhola, 2003; Irias, Gebler, Palhares, Rosa & Rodrigues, 2004; Rodrigues, Rodrigues, Buschinelli & Barros, 2010; Demattê, Pereira, Rodrigues, Rodrigues & Mendes, 2014; Rodrigues, 2015). Em outro estudo realizado com a mesma metodologia em um estabelecimento rural agroindustrial dedicado à produção agrícola natural e orgânica de aves, ovos e hortaliças processadas, obteve-se com o mesmo sistema APOIA-NovoRural, índices de desempenho ambiental elevados em todas as dimensões de sustentabilidade (0,87), conferindo à unidade o destaque de modelo experimental de pesquisa e transferência de tecnologia (Demattê Filho; Pereira; Rodrigues; Rodrigues & Mendes, 2014). Depreende-se que a Fazenda Coruputuba, por obter um elevado índice integrado de 0,79, possa se tornar uma unidade de referência na transição agroecológica com SAF e diversidade arbórea no Vale do Paraíba. Ainda que o objetivo dessa metodologia não seja tecer comparações entre esses estudos, dadas às especificidades ambientais, produtivas, históricas e de manejo dos diferentes sistemas nos estabelecimentos analisados, se verifica um desempenho ambiental positivo na primeira adaptação do método para a produção agroflorestal com a

espécie arbórea nativa Guanandi.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de desempenho ambiental de atividade rural com o sistema APOIA-NovoRural revelou um alto índice integrado de sustentabilidade para a Fazenda Coruputuba, situado entre os mais elevados índices de desempenho ambiental em estudos de caso com a mesma metodologia. Os melhores desempenhos para Ecologia da paisagem e Valores econômicos indicam substancial união entre aspectos ambientais e econômicos promovidos com a diversificação arbórea e agroflorestal.

Com o sistema Ambitec-Agro verificou-se um impacto ambiental positivo das pesquisas em função da melhoria da qualidade do solo, redução do uso de insumos externos e de energia, aumento da diversidade de fontes de renda e o incremento da entrada de capital com os SAF e a diversificação arbórea.

A pesquisa estabeleceu as bases para a gestão ambiental da conversão agroflorestal em propriedade rural, o que torna a Fazenda Coruputuba referência para a produção agroecológica de madeira nativa nas terras baixas do Vale do Paraíba do Sul.

Dentre as contribuições científicas o trabalho caracterizou as vantagens e os benefícios da agricultura multifuncional no Novo Rural, servindo de ferramenta para o balizamento de políticas públicas focadas na valoração dos serviços ecossistêmicos produzidos na unidade de produção.

BIBLIOGRAFIA

Ab'Sáber, A., Goldemberg, J., Rodés, L., & Zulauf, W. (1990). Identificação de áreas para o florestamento no espaço total do Brasil [versão eletrônica]. *Estudos Avançados*, 4(9), 63-119.

Almeida, M. R. R., Montañó, M. (2017). A efetividade dos sistemas de avaliação de impacto ambiental nos estados de São Paulo e Minas Gerais. *Ambiente & Sociedade*, 20(2), 79-106.

Arguello, F. V. P., Batista, G. T., Ponzoni, F. J., & Dias, N. W. (2010). Distribuição espacial de plantios de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. *Rev. Ambient. Água*, 5(3), 133-146. Recuperado em 20 fevereiro, 2018, de http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/437/pdf_361

Attias, N., Siqueira, M. F., & Bergallo, H. de G. (2013). Acácias Australianas no Brasil: Histórico, Formas de Uso e Potencial de Invasão. *Biodiversidade Brasileira*, 3(2): 74-96. Número Temático: Diagnóstico e Controle de Espécies Exóticas Invasoras em Áreas Protegidas. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Recuperado em 18 janeiro, 2018, de <http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/article/view/321/364>

Breitenbach, R., & Bündchen, A. (2017). Meio Ambiente e Agricultura: Impactos Econômicos da Adequação ao Código Florestal Brasileiro. *Desenvolvimento em Questão*, 15(38), 108-130. Recuperado em 26 junho, 2018, de <http://doi:10.21527/2237-6453.2017.38.108-130>

Cândido, G. de A., Nóbrega, M. M., Figueiredo, M. T. M. de, & Maior, M. M. S. (2015). Avaliação da sustentabilidade de unidades de produção agroecológicas [versão eletrônica]. *Ambiente & Sociedade*, 18(3) : 99-120.

Cardinael, R., Guenet, B., Chevallier, T., Dupraz, C., Cozzi, T., & Chenu, C. (2018). High organic inputs explain shallow and deep SOC storage in a long-term agroforestry system – combining experimental and modeling approaches, *Biogeosciences*, 15 : 297-317. Recuperado em 27 junho, 2018, de <https://doi.org/10.5194/bg-15-297-2018>.

Cardoso, J. H., Insaurriaga, I. C., Grinberg, P. da S., & Bergmann, N. T. (2013). *Sistemas Agroflorestais e Conversão Agroecológica: o Desafio do Redesenho dos Sistemas de Produção*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 29p.

Demattê Filho, L. C., Pereira, D. C. O., Rodrigues, G. S., Rodrigues, I., & Mendes, C. M. I. 2014. Gestão ambiental de atividades rurais no polo de agricultura natural de Ipeúna, SP. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, 4(2) : 41-48.

Devide, A. C. P., Castro, C. M. de, Ribeiro, R. de L. D., Abboud, A. C. de S., Pereira, M. G., & Rumjanek, N. G. (2014). História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. *Revista Biociências*, 20(1) : 12-29. Recuperado em 15 março, 2017, de <http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/view/1867/1352>

Devide, A. C. P.; Castro, C. M. de; Ribeiro, R. de L. D. (2019). Produção de madeira juvenil de Guanandi em monocultivo e sistemas agroflorestais. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 04, 02(9) : 75-89.

Dubois, J. C. L. (org.). (1996). *Manual Agroflorestal para a Amazônia*. Rio de Janeiro, REBRAP / Fundação Ford, 2ª ed, 228 pg.

Farrell, J. G., & Altieri, M. A. Agroforestry Systems. In: *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. 2018. Altieri, M. A. - Autor. Westview Press, 2ª ed, 247 pg.

Guzmán, G. I.; López, D.; Román, L. & Alonso, A. M. (2013) Participatory Action Research in Agroecology: Building Local Organic Food Networks in Spain, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(1) : 127-146. Recuperado em 27 junho, 2018. DOI: [10.1080/10440046.2012.718997](https://doi.org/10.1080/10440046.2012.718997)

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura [FAO]. (2006). *Global forest resources assessment 2005 – progress towards sustainable forest management*. FAO Forestry Paper 147. UN Food and Agriculture Organization, Rome.

Galharte, C. A., & Crestana, S. (2010). Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: aspecto conservação ambiental no cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(11) : 1202-1209. Recuperado em 27 junho, 2018. DOI: 10.1590/S1415-43662010001100010

Granziera, M. M., & Saes, M. S. M. (2014). Um Estudo da Contribuição da Agricultura Multifuncional para o Desenvolvimento Rural Sustentável. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS*, 3(1) : 60-70.

Irias, L. J. M., Gebler, L., Palhares, J. C. P., Rosa, M. de F., & Rodrigues, G. S. (2004). Avaliação de impacto de inovação tecnológica agropecuária – aplicação do sistema Ambitec. *Agric. São Paulo*, 51(1) : 23-39. Recuperado em 8 março, 2017, de <http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/asp-1-04-2.pdf>

Joly, P.; Colinet, L.; Gaunand, A.; Lemarié, S.; Matt, M. (2016). Agricultural research impact assessment: Issues, methods and challenges, *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, nº 98, OECD Publishing, 51p. Recuperado em 27 junho, 2018. DOI: [10.1787/5339e165-en](https://doi.org/10.1787/5339e165-en)

Lima, C. E. P. Avaliação de impactos ambientais com o Ambitec-Agro: estudo de caso do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças / Lima, C. E. P... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014. 24 p. (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças; 117).

Lobos, V.; Partidário, M. (2014). Theory versus practice in Strategic Environmental Assessment (SEA). *Environmental Impact Assessment Review*, 48: 34-46.

Méier, M., Teixeira, H. M., Ferreira, M. G., Ferrari, E. A., Lopes, S. I., Lopes, R., & Cardoso, I. M. (2011). Sistemas agroflorestais em áreas de preservação permanente. *Revista Agriculturas: experiências em agroecologia*. 8(2), pp. 12-17.

Minnemeyer, S., Laestadius, L., Sizer, N., Saint-Laurent, C., & Potapov, P. (2011). *Map of Forest Landscape Restoration Opportunities*. Global Partnership on Forest Landscape Restoration. World Resources Institute, International Union for Conservation of Nature and South Dakota State University. <http://www.wri.org/resources/maps/global-map-forest-landscape-restoration-opportunities>.

Montaño, M.; Souza, M. P. Impact Assessment research in Brazil: achievements, gaps and future directions. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, v. 17, n. 1, p. 1550009 1 - 8, 2015.

Oliveira, V. C. de, & Joly, C. A. (2010). Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. *Trees*, 24(1), pp. 185-193. DOI: 10.1007/s00468-009-0392-2

Petersen, P., Weid, J. M. von der, & Fernandes, G. B. (2009). Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte: Epamig, 30(252) : 7-15.

Pignati, W. A., Lima, F. A. N. de S., Lara, S. S. de, Correa, M. L. M., Barbosa, J. R., Leão, L. H. da C., & Pignatti, M. G. (2017). Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 22(10) : 3281-3293. Recuperado em 15 janeiro, 2018. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017

Rodrigues, G. S., Campanhola, C., & Kitamura, P. C. (2002). Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, DF, 19(3) : 349- 375.

Rodrigues, G. S., & Campanhola, C. (2003). Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38(4) : 445-451.

Rodrigues, G. S., Campanhola, C., Kitamura, P. C., Irias, L. J. M., & Rodrigues, I. (2005). *Sistema de avaliação de impacto social da inovação tecnológica agropecuária (AmbitecSocial)*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 30 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).

Rodrigues, G. S., Rodrigues, I. A., Buschinelli, C. C. de A., & Barros, I. de (2010). Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(4) : 229-239. Recuperado em 15 janeiro, 2018. DOI: [10.1016/j.eiar.2009.10.002](https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.10.002)

Rodrigues, G. S. (2015). *Avaliação de impactos socioambientais de tecnologias na Embrapa. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente*. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 99). Recuperado em 15 fevereiro, 2018, de <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1020852/4/2015DC01.pdf>

Salati, E., Lemos, H. M., & Salati, E. (2015). Água e o desenvolvimento sustentável. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras 4ª ed. pp.39-62.

Silva, J. G. da (1999). *O Novo Rural Brasileiro*. Campinas, IE/UNICAMP (2ª edição).