



Leonardo de Oliveira Resende

**Pecuária Sustentável nos Mares de Morros, estudo na
Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna**

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Coorientadora: Dr^a. Ana Paula Dias Turetta

Rio de Janeiro
Dezembro de 2019



Leonardo de Oliveira Resende

**Pecuária Sustentável nos Mares de Morros, estudo
na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo.

Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Orientador

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Prof. Rogério Ribeiro de Oliveira

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Dr^a. Mariella Camardelli Uzeda

Embrapa Agrobiologia

Prof. Filipe Duarte Santos

Universidade de Lisboa

Prof. Gil Penha-Lopes

Universidade de Lisboa

Prof. Sergio de Zen

Universidade de São Paulo

Rio de Janeiro, 17 de dezembro de 2019.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

Leonardo de Oliveira Resende

Graduou-se em Administração de Empresas pela Faculdade Machado Sobrinho, em 1999. Concluiu o mestrado pela Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, em 2016. Atualmente desenvolve atividades voltadas para produção sustentável na agropecuária.

Ficha Catalográfica

Resende, Leonardo de Oliveira

Pecuária sustentável nos mares de morros, estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna / Leonardo de Oliveira Resende ; orientador: Luiz Felipe Guanaes Rego ; co-orientadora: Ana Paula Dias Turetta. – 2019.

179 f. : il. color. ; 30 cm

Tese (doutorado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia e Meio Ambiente, 2019.

Inclui bibliografia

1. Geografia e Meio Ambiente – Teses. 2. Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna. 3. Degradação na pecuária. 4. Indicadores de sustentabilidade da pecuária. 5. Pecuária sustentável. 6. Produção sustentável de alimentos. I. Rego, Luiz Felipe Guanaes. II. Turetta, Ana Paula Dias. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. IV. Título.

CDD: 910

Dedico este grande esforço de
pesquisa aos meus filhos Henrique
e Marcelo. Ao pensar no futuro de
você e dos seus possíveis
descendentes, não me faltou
inspiração e estímulo durante toda
esta caminhada. Amo vocês!!!!

Agradecimentos

A todos aqueles que contribuíram para o resultado da minha pesquisa, direta ou indiretamente, meu muito obrigado. Em especial, agradeço as fazendas que serviram como Unidades de Estudo de Caso para esta pesquisa.

Gostaria de agradecer ao querido Mestre Sérgio Besserman, por ter-me inspirado a evoluir minha sensibilidade e atuação ambiental, assim como pela grande generosidade demonstrada ao me apresentar ao meu Orientador do Doutorado, Dr. Luiz Felipe Guanaes Rego.

Caro Prof. Luiz Felipe, como não encontrei melhores palavras para descrever sua importância nesta minha caminhada, dedico a você o seguinte poema, de autoria de Ruben Alves. Obrigado por me apoiar, orientar e encorajar meu voo....

“Há escolas que são gaiolas e há escolas que são asas.
Escolas que são gaiolas existem para que os pássaros
desaprendam a arte do voo.
Pássaros engaiolados são pássaros sob controle.
Engaiolados, o seu dono pode levá-los para onde quiser.
Pássaros engaiolados sempre têm um dono.
Deixaram de ser pássaros.
Porque a essência dos pássaros é o voo.

Escolas que são asas não amam pássaros engaiolados.
O que elas amam são pássaros em voo.
Existem para dar aos pássaros coragem para voar.
Ensinar o voo, isso elas não podem fazer, porque o voo já nasce
dentro dos pássaros.
O voo não pode ser ensinado.
Só pode ser encorajado”.

Aos pesquisadores da Embrapa, Dr. Domingos Paciullo, Dr. Marcelo Müller e Dr. Carlos Renato Castro, por me terem recebido no momento inicial de definição do formato da pesquisa. Neste momento, gostaria de destacar a nobre atitude do Carlos Renato, que, ao me apresentar para duas colegas da Embrapa, desempenhou um papel crucial para superar o grande desafio metodológico de avaliar a pecuária nas três dimensões da sustentabilidade (social, ambiental e econômica).

Consequentemente, agradeço a estas duas especiais pesquisadoras, Dr^a. Mariella Uzeda e Dr^a. Ana Paula Turetta, por terem ampliado meu horizonte acadêmico, apresentando-me um estimulante universo de ferramentas de pesquisas, e, por meio de uma abordagem transversal e multidisciplinar sobre a sustentabilidade, possibilitou a obtenção do diagnóstico dos sistemas de produção da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (BHRP).

A todo Departamento de Geografia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), o que dizer sobre a grata possibilidade de, entre tantas possibilidades para um Administrador de Empresas se especializar, ter a sorte de estudar a disciplina da Geografia. Acredito que a Geografia tenha me ensinado não somente a compreender os desafios e conflitos socioambientais que sempre acompanharam o homem, mas também me proporcionado uma percepção da Paisagem, do Espaço e das diferentes formas de Sustentabilidades (Rua, 2017). Percepção essa essencial para embasar o estudo da Transformação da Paisagem de uma bacia hidrográfica. Dessa forma, agradeço a todos os professores, funcionários e colegas do Departamento de Geografia da PUC-Rio.

Aos professores: Dr. João Rua (PUC-Rio), Dr. Marcelo Motta (PUC-Rio), Dr. Felipe Duarte (Universidade de Lisboa) e ao Dr. P. k. Nair (*University of Florida*), pelas excelentes aulas, que me proporcionaram uma evolução pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Rogério Ribeiro de Oliveira, apesar de não ter sido aluno de sua disciplina, gostaria de dizer que você me proporcionou um grande aprendizado em nossas produtivas conversas, obrigado pelo apoio e confiança. Ao Dr. Gil Penha-Lopes e Dr. Laury Cullen Jr., obrigado pela orientação no refinamento da pesquisa.

Ao Dr. Sergio de Zen, obrigado por manter as portas do Cepea sempre abertas, proporcionando-me acesso aos indispensáveis dados econômicos utilizados como parâmetros comparativos nesta pesquisa. Assim sendo, pelo mesmo motivo, agradeço ao Centro de Pesquisas Econômicas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Cepea (Esalq/USP), ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), à Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa), à *School of Forest Resources and Conservation* da Universidade da Flórida, ao Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Ceivap) e ao Centro de Estudos e Desenvolvimento Florestal (Cedef/IEF).

À fiel companheira, e porque não dizer amiga, Prof^a. Dr^a. Leila Rose Márie, pela dedicação e comprometimento com a qualidade final do texto.

Ao Mestre Heitor Lobo de Mendonça, que sempre me incentivou na busca pelo conhecimento científico, apostando em minha trajetória pelo Mestrado e Doutorado. À minha mãe Regina, que me deu a oportunidade de trabalhar com o agronegócio sustentável na Fazenda Triqueda.

A minha esposa Fernanda, pela paciência, compreensão e apoio durante esses últimos 7 anos, nos quais, muitas vezes, contei com você como confidente durante os momentos de maior dificuldade, por ter-me ajudado nas atividades ligadas à gestão da casa e, principalmente, na criação de nossos filhos Henrique e Marcelo.

Resumo

Resende, Leonardo de Oliveira; Rego, Luiz Felipe Guanaes Rego; Turetta, Ana Paula Dias. **Pecuária Sustentável nos Mares de Morros, estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna**. Rio de Janeiro, 2019. 179p. Tese de Doutorado – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A Agenda Ambiental Global tem como uma das principais diretrizes a redução da pegada ecológica para a produção de alimentos. Parte desse desafio está associada a vastas áreas de pastagem degradadas. No Brasil, 70% da área total de pastagem utilizada pela pecuária é diagnosticada como degradada, representando 118,3 milhões de hectares. Nesse contexto, algumas estratégias podem ser usadas para reverter esse cenário, sendo uma delas a transição para um sistema de produção agroecológico sustentável, como o Sistema Silvipastoril (SSP). Como Estudo de Caso para esta pesquisa, foi escolhida uma paisagem tropical e montanhosa na região Sudeste do Brasil, com baixo potencial de mecanização, fato que diminui sua competitividade no agronegócio, contribuindo para um longo período de declínio social, ambiental e econômico, principalmente a partir da década de 1950. O objetivo da pesquisa consistiu em avaliar o SSP como uma ferramenta estratégica para a recuperação de terras degradadas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (BHRP), considerando as três dimensões da sustentabilidade: social, ambiental e econômica. Para isso, foram levantados dados de 6 fazendas de gado alimentado, exclusivamente, a pasto: 2 (duas) de pecuária degradada em monocultura (PDM); 2 (duas) de pecuária produtiva em monocultura (PPM); e 2 (duas) de pecuária produtiva em Sistema Silvipastoril (PPSP). Um conjunto de indicadores foi desenvolvido e utilizado para avaliar princípios e metas que orientam a transição de sistemas de produção convencionais para sistemas sustentáveis. Os resultados apresentaram uma escala progressiva de evolução na sustentabilidade entre todos os sistemas de produção pesquisados como: PPSP (0,75) > PPM (0,61) > PDM (0,42), nos aspectos social, ambiental e econômico, sendo 0,7 o ponto de equilíbrio para a sustentabilidade e 1,0 o máximo. Dessa forma, esta pesquisa apresenta o alto potencial do SSP como ferramenta estratégica para recuperar as 3 dimensões da sustentabilidade em terras degradadas. Os principais benefícios são: a adoção de boas práticas de produção; a capacidade produtiva do solo; a diversificação da

paisagem; a vegetação nativa; a saúde e segurança no trabalho; a rentabilidade e segurança do investimento; e a lucratividade.

Palavras-chave

Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna; degradação na pecuária; indicadores de sustentabilidade da pecuária; pecuária sustentável; produção sustentável de alimentos; sistemas de resiliência agrícola; Sistema Silvipastoril; transformação da paisagem.

Abstract

Resende, Leonardo de Oliveira; Rego, Luiz Felipe Guanaes Rego (Advisor); Turetta, Ana Paula Dias (Co-advisor). **Sustainable Livestock in mountainous landscape, study in the Paraibuna River Basin**. Rio de Janeiro, 2019. 179p. Tese de Doutorado – Departamento de Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

One of the main guidelines of the global environmental agenda is lowering the ecological footprint for food production. Part of this challenge is associated with vast areas of degraded pasture. In Brazil, 70% of the total pasture area used by livestock is diagnosed as degraded, representing 118.3 million hectares. Some strategies can be used to reverse this scenario. One of these is a transition process for a sustainable agro-ecological productions system, such as Silvopastoral Systems (SPS). As a case study it was chosen a tropical landscape in a mountainous region in the southeast of Brazil. It has low potential for mechanization, which decreases its competitiveness in agribusiness, contributing for a long period of social, environmental and economic decline, especially after the 1950's. This paper aims to evaluate SPS as a strategic tool for the recovery of degraded lands in the Paraibuna River Basin (BHRP), considering the three dimensions of sustainability: social, environmental and economic. We surveyed data from six grass-fed cattle farms: two of degraded monoculture pasture (DMP); two of productive monoculture pasture (PMP); and two of productive Silvopastoral System (PSPS). A set of indicators was developed and used to evaluate principles and goals that guide the transition from conventional production systems to sustainable systems. The results presented a gradual scale of sustainability evolution among all production system surveyed such as PPSP (0.75) > PMP (0.61) > DMP (0.42), in social, environmental and economic aspects, with 0.7 being the breakeven score for sustainability and 1.0 the maximum. In this way, this research presents the high potential of SPS as a strategic tool to recover the three dimensions of sustainability in degraded lands, being the main benefits, a better: production practices adoption; soil productive capacity; landscape diversification; native vegetation; health and safety at work; profitability and security of investment; and diversification income.

Keywords

Degradation in livestock; farming resilience systems; landscape transformation; livestock sustainability indicators; Paraibuna River Basin; Silvopastoral Systems; sustainable food production sustainable food production; sustainable livestock.

Sumário

1	Introdução.....	24
1.1	Contextualização: o homem e o histórico da produção de alimentos.....	24
1.2	Sistemas de produção com elevado impacto ambiental.....	26
1.3	Os desafios da sustentabilidade.....	29
1.4	A importância do entendimento do espaço geográfico envolvido.....	30
1.5	Possibilidades para a pecuária sustentável.....	32
1.6	Hipótese da pesquisa.....	34
1.7	Objetivos da pesquisa.....	34
1.8	Percorso metodológico.....	35
2	Origem e evolução geomorfológica da paisagem dos Mares de Morros.....	36
2.1	Escala Global.....	37
2.1.1	Eventos tectônicos.....	37
2.1.2	Deriva dos continentes e eventos de soerguimento.....	39
2.2	Escala da paisagem geográfica dos Mares de Morros.....	42
2.2.1	Faixa Móvel Ribeira.....	42
2.3	Denudação e modelagem do relevo atual dos Mares de Morros.....	45
2.3.1	Complexos de Rampa e teoria da evolução das vertentes.....	46
2.4	Atual configuração dos Mares de Morros.....	47
2.5	O encaixe da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna no contexto da paisagem.....	48
2.6	A aptidão agropecuária da BHRP.....	51

3	O homem e a paisagem dos Mares de Morros na escala da área de estudo.....	54
3.1	Os Mares de Morros no período pré-colonial – fauna e flora conservada.....	56
3.2	Os Mares de Morros após a colonização europeia – processo de degradação.....	60
3.3	A relação do processo de transformação da cobertura do solo com a consequente perda de serviços ecossistêmicos.....	63
3.4	O papel da atividade humana como vetor da degradação ambiental e sua consequente herança para a paisagem.....	67
4	A pecuária brasileira.....	70
4.1	A pecuária extensiva convencional em monocultura.....	71
4.2	O uso do solo.....	79
4.3	O confinamento de animais.....	81
4.4	Balanco de energia da proteína animal e da proteína vegetal.....	82
5	O Sistema Silvipastoril como técnica sustentável para melhorar o uso do espaço.....	85
6	Material e Métodos.....	91
6.1	Pecuária degradada e produtiva em monocultura.....	91
6.2	Pecuária produtiva em Sistema Silvipastoril.....	92
6.3	Ferramentas de apoio à transição agroecológica.....	93
6.4	Descrição da área de Estudo de Caso.....	95
6.5	Ferramenta de análise e diagnóstico usada para o Estudo de Caso.....	97
6.6	Amostra da pesquisa.....	102
6.7	Critérios de descarte das Amostras.....	105

7	Resultados.....	108
8	Discussão.....	122
9	Transformação da paisagem registrada após a introdução do Sistema Silvipastoril.....	124
9.1	Imagens de satélite da evolução da paisagem na fazenda PPSP-1.....	127
9.2	Imagens de satélite da evolução da paisagem na fazenda PPSP-2.....	127
9.3	Imagens de satélite atual das fazendas com pecuária em monocultura.....	132
10	Ensaio de cenários para expansão do SSP na BHRP.....	138
10.1	Cobertura e uso do solo.....	136
10.2	Lucratividade.....	138
10.3	Balanço de GEE de origem animal.....	141
10.3.1	Emissões de origem animal na pecuária a pasto.....	141
10.3.2	Sequestro de C.....	143
10.3.3	Sequestro de Carbono Orgânico Total (COT)	144
10.3.4	Cálculo do Carbono Orgânico mediado por árvore do SSP.....	145
10.3.5	Balanço de GEE de origem animal por ha.....	145
10.4	Cenários: conversão das pastagens em monocultura para SSP.....	146
10.5	Produtos diferenciados e não <i>commodities</i>	151
10.6	Consumo local e comportamento do consumidor.....	152

10.7	Instrumentos de apoio ao SSP.....	154
11	Conclusões e Considerações finais.....	156
11.1.	Conclusões.....	156
11.2.	Limitações e futuras pesquisas.....	157
11.3	Considerações finais.....	159
	Referências bibliográficas.....	162

Lista de ilustrações

Figura 1	Delta do Rio Nilo.....	26
Figura 2	Impactos ambientais da carne bovina.....	28
Figura 3	Histórico de acontecimentos que levaram à criação do GTPS.....	34
Figura 4	Correntes de convecção.....	38
Figura 5	Deriva continental que deu origem à junção dos continentes há 450 milhões de anos.....	40
Figura 6	Movimento de abertura do Oceano Atlântico e a consequente separação dos continentes, entre 250 e 150 milhões de anos.....	40
Figura 7	Atual configuração das placas tectônicas	41
Figura 8	Detalhe dos eventos magmáticos e a divisão dos crátons entre o continente da América do Sul e da África.....	43
Figura 9	Porção continental da Placa Sul-Americana.....	44
Figura 10	Foto panorâmica dos Mares de Morros – Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna – região Sudeste do Brasil.....	45
Figura 11	Esquema básico da evolução das vertentes.....	47
Figura 12	Mapa esquemático dos domínios morfoclimáticos do Brasil.....	48
Figura 13	Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.	49
Figura 14	Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.....	50
Figura 15	Imagem da Mata do Krambeck às margens do Rio Paraibuna, na cidade de Juiz de Fora.....	57
Figura 16	Ciclos econômicos brasileiros entre o período colonial e a Revolução Industrial.....	60
Figura 17	Área do bioma Mata Atlântica e da área florestal remanescente.....	63

Figura 18	A pecuária convencional degradada.....	73
Figura 19	Esquema de perda de produtividade e degradação ambiental nas pastagens.....	75
Figura 20	A perda de matéria orgânica, o vigor e a produtividade da pastagem da área de estudo da pesquisa.....	76
Figura 21	O aparecimento das invasoras na pastagem da área de estudo da pesquisa.....	76
Figura 22	A perda de cobertura e compactação do solo na pastagem na área de estudo da pesquisa.....	77
Figura 23	A degradação do solo e o aparecimento dos processos erosivos.....	77
Figura 24	Mapa da distribuição das terras degradadas no Brasil..	78
Figura 25	Distribuição e uso de terras na agropecuária brasileira.	79
Figura 26	Pirâmide de energia da pecuária.....	82
Figura 27	Diagrama que mostra o funcionamento de um ecossistema.....	83
Figura 28	Monocultura x Silvipastoril.....	87
Figura 29	A importância de uma árvore para a pecuária.....	87
Figura 30	As curvas de nível do Sistema Silvipastoril.....	88
Quadro 1	Incremento de serviços ambientais com a adoção do Sistema Silvipastoril.....	89
Figura 31	A Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.....	95
Figura 32	Presença de fogo em áreas de pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.....	96
Figura 33	Pastagem degradada com início de processo de erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.....	97
Quadro 2	Diagrama ISA-Pecuária.....	101
Figura 34	A pecuária degradada em monocultura (PDM).....	102

Figura 35	A pecuária produtiva em monocultura (PPM).....	103
Figura 36	A pecuária produtiva no Sistema Silvipastoril (PPSP)	103
Figura 37	Bacia do Rio Paraíba e a alocação das seis fazendas de gado a pasto pesquisadas.....	104
Figura 38	PPSP – 1, nov. 2017, detalhe da imagem em campo (esq.) e do GOOGLE EARTH (dir.).....	106
Tabela 1	Resultados da pesquisa – ISA-Pecuária.....	109
Tabela 2	Índice de Sustentabilidade Individual.....	110
Figura 39	Macroindicadores de Sustentabilidade do ISA-Pecuária.....	112
Figura 40	Aspectos Sociais e Econômicos do ISA-Pecuária.....	113
Figura 41	Aspectos Ambientais do ISA-Pecuária.....	114
Figura 42	Uso e ocupação atual do solo.....	115
Figura 43	Imagens do antes e depois da introdução do SSP nas fazendas PPSP-1 e PPSP-2.....	123
Figura 44	PPSP – 1, antes do plantio das árvores do Sistema Silvipastoril.....	124
Figura 45	PPSP – 1, Sistema Silvipastoril com média de 4 anos de idade.....	125
Figura 46	PPSP – 1, antes do plantio das árvores do Sistema Silvipastoril	125
Figura 47	PPSP – 1, Sistema Silvipastoril com média de 8 anos de idade.....	126
Figura 48	PPSP – 1, antes do plantio das árvores do Sistema Silvipastoril.....	126
Figura 49	PPSP – 1, Sistema Silvipastoril com média de 8 anos de idade.....	127
Figura 50	PPSP – 2, antes do plantio das árvores do Sistema Silvipastoril.....	128
Figura 51	PPSP – 2, Sistema Silvipastoril com média de 8 anos de idade.....	128
Figura 52	PPSP – 2, um vale da fazenda PPSP com área parcial de 80 ha, antes do SSP.....	129

Figura 53	PPSP – 2, um vale da fazenda PPSP com área parcial de 80 ha, depois do SSP.....	130
Figura 54	Potencial de Transformação da Paisagem do SSP (80 ha em vermelho e 960 ha em amarelo).....	131
Figura 55	PDM – 1, pecuária degradada em monocultura.....	132
Figura 56	PDM – 2, pecuária degradada em monocultura.....	133
Figura 57	PPM – 1, pecuária produtiva em monocultura.....	133
Figura 58	PPM – 2, pecuária produtiva em monocultura.....	134
Figura 59	Uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.	137
Tabela 3	Margem Bruta Média comparativa.....	139
Figura 60	Margem Bruta do sistema soja sucedido de milho na 2ª safra nas principais regiões produtoras do Brasil, para a safra 2018/2019.....	140
Figura 61	Total de emissões GEE relacionadas a animais provenientes de fontes diretas e indiretas.....	142
Tabela 4	Ensaio de cenários para a conversão das pastagens em monocultura para o Sistema Silvopastoril na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.....	147

Lista de abreviaturas e siglas

Ageitec	Agência Embrapa de Informação Tecnológica
Agevap	Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	área de preservação permanente
Aprosoja	Associação dos Produtores de Soja do Brasil
BHRP	Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
BM&FB	Bolsa de Mercadorias e Futuros
C	Carbono
cab.	Cabeça
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CCAFS	<i>Climate Change, Agriculture and Food Security</i>
Cedef	Centro de Estudos e Desenvolvimento Florestal
Ceivap	Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
Cepea/ Esalq/USP	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CH ₄	Metano
CNA	Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil
CO ₂	dióxido de carbono
COT	Carbono Orgânico Total
EESP/FGV	Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas
Emater-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
Embrapa	Empresa Brasileira de Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
Epamig	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
Fapemig	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FJP	Fundação João Pinheiro
GEE	gases de efeito estufa
GHG	<i>Protocol Agriculture Guidance</i>
GO	Goiás
GTPS	Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável
ha	Hectare

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ie.	isto é
IEF	Instituto Estadual de Florestas
Iepac	Instituto de Estudos Pecuários
ILPF	Integração Lavoura, Pecuária e Floresta
IMCBI	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
ISA	Indicador de Sustentabilidade de Agroecossistemas
kg	Kilograma
km	Kilômetro
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil
MG	Minas Gerais
Mg	Megagrama
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
N ₂ O	óxido nitroso
O ₂	Oxigênio
ONU	Organização das Nações Unidas
PDCA	Planejar, Desenvolver, Corrigir e Avaliar
PDM	pecuária degradada em monocultura
PIB	Produto Interno Bruto
Plano ABC	Plano da Agricultura de Baixo Carbono
PPM	pecuária produtiva em monocultura
PPSP	pecuária produtiva em Sistema Silvipastoril
PR	Paraná
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
RJ	Rio de Janeiro
Seapa-MG	Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais
Sectes-MG	Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Minas Gerais
Semad	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIGA	Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais
SP	São Paulo
SSP	Sistema Silvipastoril
ua	unidade animal
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
USP	Universidade de São Paulo
VP	Valor Presente
WWF	<i>World Wildlife Fund</i>
ISPN	Instituto Sociedade, População e Natureza
ICRAF	Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ICH	Instituto de Ciências Humanas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNIRIC	Centro Regional de Informação das Nações Unidas

"Desenvolvimento sustentável significa suprir as necessidades do presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprirem as próprias necessidades".

Gro Harlem Brundtland, "*our common future*". *United Nations*, 1987.

1

Introdução

1.1. Contextualização: o homem e o histórico da produção de alimentos

A maior parte do planeta é mineral, e não exatamente viva, mas composta por rochas pré-históricas. É muito raro existir um planeta onde haja solo, essa crosta fina espalhada pela superfície do nosso planeta. Durante um longo processo de milhões e milhões de anos, essas rochas se decompõem e vão, aos poucos, criando uma fina camada, onde a vida começa a ser viável. Assim, o solo começa a se formar, originando um ambiente com nutrientes e substrato para o surgimento da vida. Essa transformação do ambiente tem início com a decomposição das rochas; essas liberam nutrientes para as superfícies terrestres e aquáticas. Ao ser acumulado sobre a superfície terrestre, esse material permite o aparecimento de uma camada viva e orgânica no ambiente, um substrato que será a base de todos os componentes da produção de alimentos no planeta Terra e que recebe o nome de solo. Com o passar dos milênios, a fina camada de solo inicial vai-se tornando mais espessa, permitindo a evolução e uma maior diversidade da macro e microbiologia, tornando esse ecossistema mais rico e complexo. A partir dos nutrientes do solo, combinados com umidade e fatores climáticos, o processo de fotossíntese entra em cena, permitindo a conversão de energia solar em carboidratos e proteínas que sustentam a vida (vegetal e animal) na Terra. Assim, dessa base “solo + água + clima + energia solar”, ocorre a produção de alimentos no mundo, também chamada de agricultura. (Chapela, 2012)

Mas, antes da agricultura, novamente no período pré-histórico, o *Homo sapiens* não tinha o costume de plantar seu próprio alimento, por não realizar a produção agrícola; então, cabia a ele o papel de um nômade caçador e coletor. Dessa forma, os grupos de seres humanos se deslocavam atrás das melhores caças e de alguns vegetais que compunham sua base alimentar. A grande base dos animais que serviam de caça era formada por herbívoros; esses, por sua vez, também se deslocavam em busca dos melhores campos de pasto nativos. Devido a uma série de variáveis ambientais, a cada época, a pastagem “florescia” em determinada

região, formando um grande bailado de deslocamento sazonal, realizado por quase toda a cadeia alimentar. (Endicott, 1999) .

Segundo Endicott (1999), esse modo de sobrevivência do *Homo sapiens* (caçador e coletor) consiste em recolher da natureza o que ela fornece espontaneamente, e, como consequência, os impactos que os seres humanos realizavam eram pequenos demais para interferir na resiliência do ecossistema. Desse modo, o ambiente se mantinha em um ciclo biológico, em estágio de equilíbrio.

Em um determinado momento, algumas tribos aprenderam que poderiam passar mais tempo perto de alguns vales, próximo do leito dos rios, pois ali a oferta de alimentos era mais farta e por um maior período de tempo, ou seja, com menor sazonalidade e frequência de deslocamentos. Ao se deslocar menos, o ser humano teve o tempo necessário para observar e perceber os processos naturais e vegetativos, os ciclos de crescimento das plantas e, dessa observação, começaram a surgir os primeiros passos da produção própria de alimentos ou, em outras palavras, foi o início da domesticação do crescimento e multiplicação das plantas pelo homem. Entre os locais favoritos para produzir alimentos, estavam os deltas aluviais dos rios, ali, os frequentes aumento e diminuição da vazão de água proporcionavam pequenos processos de enchente e drenagem das terras. Essa água aluvial continha preciosos sedimentos que eram depositados nas margens dos rios, repletos de material orgânico e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento da produção de alimentos e/ou da agricultura. Assim, as primeiras vilas, aldeias e cidades foram surgindo próximas a esses deltas e, conseqüentemente, o homem deixou de ser um nômade caçador e coletor, passando a desenvolver um imenso conjunto de técnicas utilizado para cultivar plantas. Posteriormente, os animais domesticados foram introduzidos a essas práticas como principal fonte de proteína de sua dieta (Endicott, 1999). A Figura 1, a seguir, mostra o delta do Rio Nilo.



Figura 1: Delta do Rio Nilo.
Fonte: Schmaltz (2003).

A Figura 1 mostra o delta do Rio Nilo, que, apesar de não ter sido o primeiro delta ocupado pelo homem, retrata muito bem o tipo de paisagem que privilegiou o desenvolvimento agrícola.

1.2. Sistemas de produção com elevado impacto ambiental

Ao mudar o seu modo de sobrevivência (de caçador e coletor) para as práticas agrícolas, o ser humano também mudou a sua relação, e impacto, com o meio ambiente. A vida em cidades proporciona um potencial de degradação ambiental com maior impacto, ou risco de desequilíbrio ecológico, se comparada à vida nômade. Se, por um lado, essa situação era mitigada por uma população de seres humanos em pequeno número nesse período inicial, por outro, estava ali inaugurada a “pedra fundamental” da matriz do modelo civilizatório moderno, que, ao ganhar escala ao longo do espaço-tempo, começou a prejudicar a biocapacidade e/ou a resiliência do planeta Terra. Nos últimos séculos, o desequilíbrio se intensificou e, com isso, a resiliência dos ecossistemas passou a não ser mais apta para regenerar os danos ambientais em velocidade compatível com que a sociedade demanda por recursos naturais e, ao mesmo tempo, produz muito resíduos (Santos, 2016). Uma das pesquisas contemporâneas mais respeitadas no meio científico,

bem como nas grandes agências mundiais que trabalham para mitigar os impactos da sociedade sobre o meio ambiente, é liderada por um grupo de pesquisadores do *Stockholm Resilience Centre*, que pesquisou e monitorou as fronteiras-limite que a pegada ecológica humana poderia exercer sobre a estabilidade do ecossistema da Terra. Os dez principais pontos destacados por essa pesquisa estão relacionados, direta ou indiretamente, à elevada demanda ecológica exercida pela atual matriz de produção de alimentos, conforme mostra a Figura 2, que será apresentada mais adiante no texto. Nela, são mostradas, na seguinte ordem, as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade, o ciclo do nitrogênio, o ciclo do fósforo, a menor proteção da camada de ozônio, a acidificação dos oceanos, o consumo de água fresca (ou potável), as mudanças no uso do solo, o aumento dos efeitos dos aerossóis atmosféricos e a poluição química. (Rockström, 2015)

Em dezembro de 2018, a *Climate Focus* e o *World Resources Institute* produziram um relatório, através de um grande esforço de vários cientistas envolvidos, contendo as estratégias que deveriam ser adotadas para a redução do consumo de carne bovina. Esse documento foi especialmente destinado aos três maiores países consumidores desse tipo de proteína animal (os Estados Unidos, com 28 kg/*per capita*/ano; o Brasil, com 27 kg; e a China, com 4 kg) e mostra o elevado custo ambiental e territorial (por conta da 2ª Lei da Termodinâmica) para ter a proteína animal como base nutritiva humana. Além disso, ele coloca a carne bovina como a de maior impacto, seguida pela categoria dos caprinos e ovinos na 2ª posição, pelos suínos (3ª) e aves (4ª). Esse relatório traz o impacto demandado por quilo de carne bovina produzido, conforme transcrito a seguir: *em impacto ambiental por quilos de carne: 46 quilos de CO₂/kg de carne; 550 litros de água fresca/kg de carne, poluição de água 451 litros/kg de carne, 214 m² de mudança no uso do solo/kg de carne; *em números totais no mundo: 2.100.000 hectares desmatados (Steck *et al.*, 2018). A Figura 2, a seguir, apresenta parte dos impactos ambientais para a produção de 1(um) kg de carne bovina.

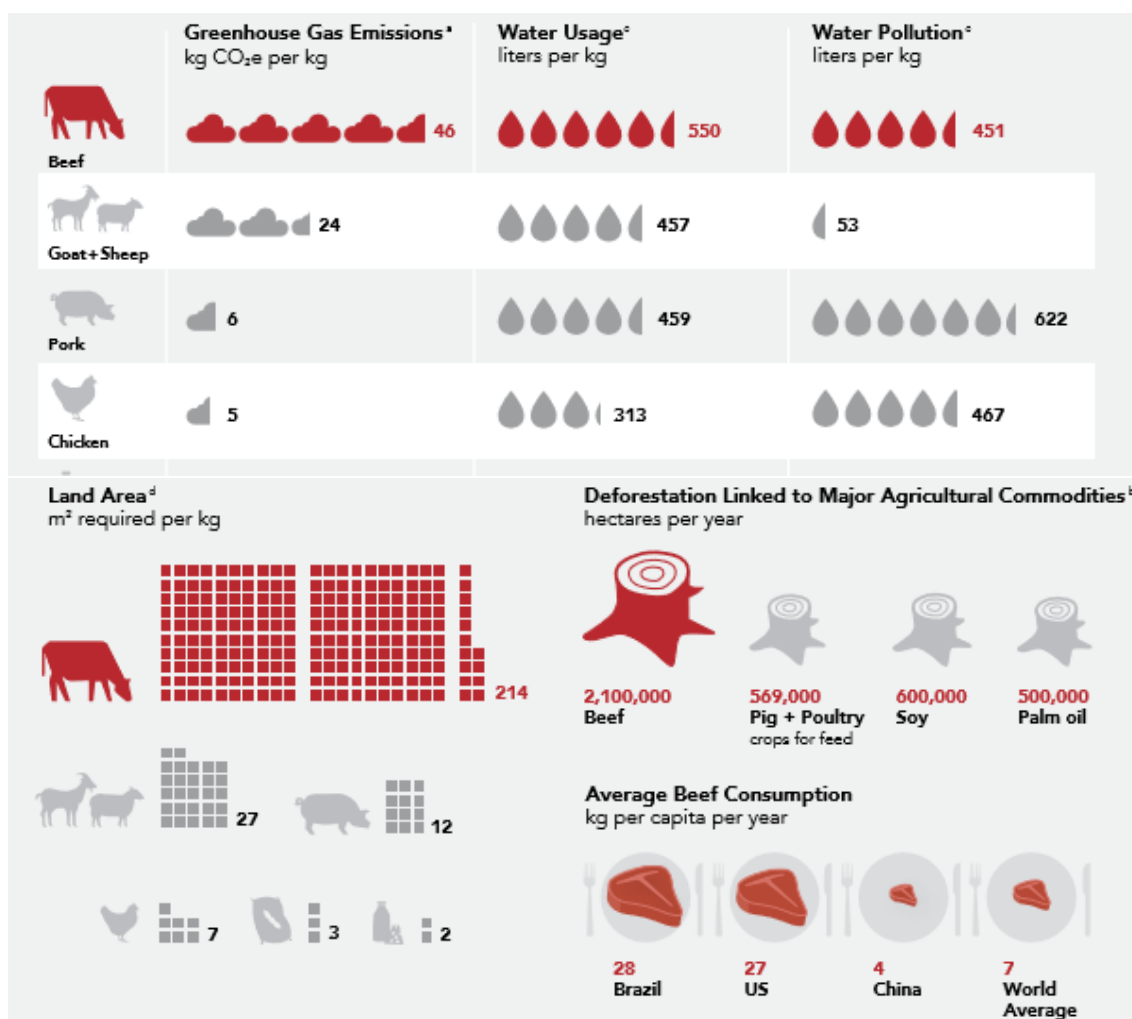


Figura 2: Impactos ambientais da carne bovina.
Fonte: Streck (2018).

Apesar de não tratarem o tema da mesma forma que Streck (2018), vários autores ressaltam que a criação de bovinos proporciona uma elevada pegada ecológica, entre eles pode-se mencionar Garnett *et al.* (2016), Assad (2016), Strassburg *et al.* (2014), Dias-Filho (2014), Beddington *et al.* (2011), Zimmer *et al.* (2012), IPCC (2006), FAO (2006), Araujo (2010), Vilela (2001), Macedo (1995).

1.3. Os desafios da sustentabilidade

O potencial da natureza para atender às demandas do homem parecia não ter limites (Marquardt, 2006). A racionalidade científica intensificou a velocidade do desenvolvimento de novas técnicas de apropriação do capital natural, aumentou o poder hegemônico, que adotou as estratégias fatais da capitalização da natureza, ocasionando a “morte entrópica do planeta” e a consequente crise ambiental. (Leef, 2004, p. 96)

Santos (2006), em seus estudos, expõe seu pensamento sobre nossa relação com o mundo, que mudou de “local-local” para “local-global”. O autor salienta que, devido a processos de globalização, a mudança deve ser buscada pelo lugar, sendo este um intermédio entre o indivíduo e o mundo. Massey (2000) complementa o pensamento de Santos afirmando que é no lugar que o mundo acontece, o lugar confronta o mundo, e o mundo confronta o lugar de forma dialética e contraditória.

Diegues (1996) pondera que o conhecimento tradicional deve ser respeitado, valorizado e ainda tem de interagir com o conhecimento científico moderno de forma complementar. Esse fato se torna mais importante devido às limitações da própria Ciência para a obtenção de um entendimento pleno da complexidade da rede de interações da natureza e do impacto do homem sobre ela.

Na evolução do conceito de meio ambiente (...) a crise ambiental e contemporânea, crise de civilização, crise da razão e crise histórica (...) está a demandar de toda a sociedade, e da ciência em particular, uma reflexão profunda acerca de sua trajetória. Num tal contexto é preciso ser aberto, criativo e ousado o suficiente para propor alterações e criar as possibilidades para o nascimento de novas propostas (...)¹.

As técnicas pontuais e particulares tendem a ser mais justas e sustentáveis, pois levam em consideração as particularidades locais. Seguindo essa lógica, o saber tradicional deve ser valorizado, assim como as particularidades históricas de cada lugar, produzindo, assim, um espaço mais harmônico entre as demandas da sociedade e a natureza (Rua, 2007). O autor afirma, ainda, que, ao contrário, as “técnicas” que apoiam matrizes homogêneas com a finalidade de reprodução em

¹ MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. AGB. **Terra Livre**, São Paulo, n. 16, p. 113-132, 2001.

alta escala produzem espaços desiguais, antagônicos e contraditórios, o que inviabiliza a obtenção da sustentabilidade.

A Geografia socioambiental abrange um conjunto das contradições das interações internas e externas dos sistemas sociais com os sistemas naturais (Bêz & Figueredo, 2011), no qual a sustentabilidade deve ser buscada, com a difícil tarefa de equilibrar o interesse de diferentes atores sociais com a manutenção da saúde dos ecossistemas do planeta.

Nesse contexto, Ferreira (2007) destaca a complexidade que envolve a associação do Capital-Estado na “organização espacial”, devido, principalmente, à hierarquia do poder e à homogeneização utilizada como forma de controle dos lugares.

Um novo movimento sustentável necessita buscar o envolvimento social e cultural como uma das prioridades para o fortalecimento das atitudes e dos valores éticos que resguardecam a capacidade de renovação da natureza. Dessa forma, espera-se superar a atual abordagem contraditória, antagônica, entre os interesses para a conservação da natureza *versus* a taxa de crescimento econômico e a qualidade de vida da sociedade. (Mensah & Castro, 2004)

1.4. A importância do entendimento do espaço geográfico envolvido

A Geografia se apoia no estudo do espaço e no modo de produção da sociedade para entender a dinâmica dos sistemas de transformações no uso dos recursos naturais do planeta. A compreensão desses processos passa pelo entendimento do passado, de sua influência no tempo presente (a herança), para, assim, poder sugerir ajustes socioambientais no propósito da obtenção de uma relação mais harmônica entre o homem e a natureza (Léfèbvre, 2006). Mas, não se pode pensar a relação do homem com a natureza antes do entendimento da importância da “técnica”, que é “a principal forma de interação entre o homem e a natureza, ou melhor, entre o homem e o meio”. (Santos, 2006, p. 1)

Harvey (2012) salienta que o conceito de espaço geográfico tem uma difícil apreensão, pois é multidimensional (exemplo: a natureza e a técnica) e multiescalar (exemplo: absoluto, relativo e relacional). Entre algumas aproximações conceituais utilizadas por Souza (2013), o espaço geográfico corresponde “à superfície terrestre apropriada, transformada e produzida pela

sociedade”. Mesmo que esse conceito se apresente um tanto quanto limitado, essa definição serve como um auxílio para o entendimento da inter-relação entre o espaço físico natural e o espaço social, com todas as complexidades dialéticas, uma vez que esses são interdependentes e, muitas vezes, contraditórios.

Santos (1988) afirma que o lugar é onde o espaço é vivido, onde se passa a ação do homem sobre a natureza e onde ocorreram e ocorrem os históricos processos de degradação da natureza.

De acordo com Rua (2007), a discussão de desenvolvimento e sustentabilidade passa pela busca de âncoras espaciais, utilizadas como instrumentos analíticos para o entendimento do processo de mudanças no mundo contemporâneo. Nesse contexto, a pesquisa deve contemplar o espaço vivido como fundamental, levando em consideração as pessoas e os processos de mudanças que estas desenvolvem.

Apesar de o conceito da paisagem ser importante para o entendimento do modo mais amplo da dinâmica das transformações, o processo de mudança ocorre no lugar onde o espaço é vivido. Nessa perspectiva, a evolução dos sistemas de produção na busca de um melhor equilíbrio socioambiental deve estar pautada nas relações do espaço geográfico.

Sabendo-se que o tema da sustentabilidade pode ser abordado de forma plural, esta pesquisa realiza o esforço de privilegiar o debate sob a luz do conceito do espaço geográfico. Nesse sentido, pode-se extrair dos textos apresentados anteriormente que o conceito de espaço deve ser buscado em um campo inter e transdisciplinar que integre as relações do “homem” com o “meio”. Assim sendo, o conceito de espaço se aproxima do seguinte: o espaço é formado por um sistema de objetos e um sistema de ações, que são integrados pela “técnica”.

Conforme já mencionado, o espaço corresponde à superfície terrestre apropriada, transformada e produzida pela sociedade; a organização do espaço físico-natural e do espaço social é dialética, interdependente e contraditória. Nessa linha de raciocínio, a dinâmica da relação dos valores culturais influencia a atitude e os princípios da sociedade em relação à natureza e, conseqüentemente, na forma de sua interação com ela.

Voltando ao tema da técnica, Santos (2006) enfatiza que essa é formada por um conjunto de instrumentos e meios com os quais o homem realiza a vida, onde ele produz e, ao mesmo tempo, cria espaço. Souza (2013) afirma que a organização

espacial tem relação com a divisão do trabalho, da infraestrutura técnica e social, sendo a técnica a forma que o homem transforma e se apropria da natureza. No caso da pecuária, pode-se entender a técnica como a forma com que o homem formou as pastagens, construiu as cercas e os currais, desenvolveu o manejo e a seleção dos animais; enfim, ele modificou o espaço natural e o espaço social. Essa modificação foi possível graças a um sistema de objetos e a um sistema de ações, integrados pela técnica.

Dessa forma, a escolha do sistema produtivo (ou da técnica) com maior ou menor impacto ambiental tem a capacidade de influenciar na produção do espaço e na consequente sustentabilidade da atividade.

1.5. Possibilidades para a pecuária sustentável

É fato que a maior parte dos pesquisadores reconhece que a pecuária é uma grande fonte de impacto ambiental, mas olhar somente para os números do impacto ambiental divulgado pode proporcionar uma visão limitada, ou “miopia”, sobre um contexto mais holístico dessa situação. A parte inicial deste capítulo mostra a complexidade dos ciclos naturais, principalmente os que envolvem uma grande variedade biológica. Desse modo, antes de destacar a pecuária, ou os bovinos, como principal vilã da produção de alimentos pelo homem, o direito da dúvida deveria ser permitido, assim sendo, cabe a pergunta: existe uma forma de se praticar a pecuária sustentável?

Voltando um pouco no tempo, os herbívoros sempre existiram, ocupando um importante papel no período pré-histórico para o equilíbrio dos ecossistemas, que consistia em fazer o manejo de poda dos campos silvestres, servindo como fonte de alimento para os carnívoros dentro dos níveis tróficos da cadeia alimentar. Nessa ótica, muitos dos impactos ambientais atribuídos à pecuária estão mais relacionados à forma como o homem exerce o controle e o manejo desses animais, ou dos sistemas de produção. A partir de ajustes necessários, a pecuária pode atuar como um elemento de revitalização dos ecossistemas, replicando um histórico bem-sucedido do período antes da domesticação dos animais, quando os mesmos se moviam em manadas livres em busca de alimentos e para fugir dos predadores, uma prática que vem sendo denominada “pecuária regenerativa”. A partir de um solo saudável, com matéria orgânica adequada para o desenvolvimento de sua

microbiologia, inicia-se o processo de sintropia, desencadeando toda a série de serviços ambientais sinérgicos. (Savory & Butterfield, 2016).

Vários autores afirmam que, se bem praticada, a pecuária pode produzir benefícios ambientais, sociais e econômicos. Entre eles, podem ser encontrados alguns dos mesmos nomes da lista anterior (no final do item 1.2), que destacaram o impacto ambiental atribuído à criação de bovinos, tais como Garnett *et al.* (2016), Assad (2016), Strassburg *et al.* (2014), Dias-Filho (2014) e Beddington *et al.* (2011). Os seguintes autores também asseveram que a pecuária sustentável pode ser obtida: Resende *et al.* (2018), Cordeiro (2017), Savory e Butterfield (2016), Müller *et al.* (2015), Pacheco *et al.* (2016), Resende *et al.* (2016), Almeida *et al.* (2010), Bungenstab (2013), Porfirio-da-Silva (2008), Garcia (2003) e Villela (2001).

Importa ressaltar que o Governo Federal Brasileiro incentiva vários sistemas de produção de alimentos sustentáveis, através do Plano da Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC, 2012), entre eles o Sistema Silvipastoril (SSP) é apontado como a melhor forma de se obter a sustentabilidade na pecuária, incremento de serviços ambientais, tais como: sequestro de carbono, conservação do solo, ciclo da água, dinâmica de nutrientes, macro e microbiologia (biodiversidade) e o balanço de energia.

A Figura 3, a seguir, mostra a sequência de fatos que levaram ao surgimento, no Brasil, do Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável (GTPS). Esse Grupo é formado por representantes de todos os elos da cadeia produtiva da pecuária bovina: produtores, indústrias, organizações do setor, produtores e associações, varejistas, fornecedores de insumos, instituições financeiras, organizações da sociedade civil, centros de pesquisa e Universidades. O fato inicial de mobilização do GTPS foi o documento publicado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO (Steinfeld *et al.*, 2006), *Livestock's Long Shadow*.

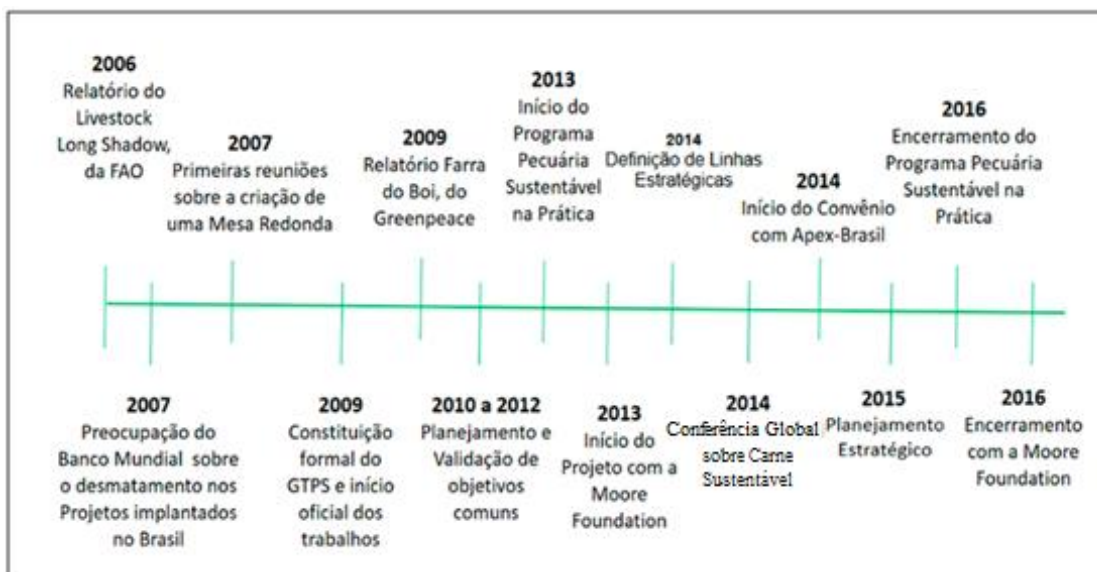


Figura 3: Histórico de acontecimentos que levaram à criação do GTPS.

Fonte: GTPS – Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável (2018).

A Figura 3 mostra que, a partir dessas pesadas críticas à pecuária, o GTPS reuniu membros de toda a cadeia produtiva da pecuária em prol de desenvolver, estimular e comunicar as práticas sustentáveis do setor.

1.6. Hipótese da pesquisa

A hipótese que orientou os trabalhos deste estudo foi a de que o Sistema Silvopastoril tem o potencial de proporcionar uma transição para a pecuária a pasto sustentável, nos aspectos social, ambiental e econômico, mesmo em paisagens montanhosas, com alta declividade e baixa produtividade, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (BHRP), área de estudo desta pesquisa.

1.7. Objetivos da pesquisa

O objetivo geral da pesquisa consistiu em avaliar o SSP como uma ferramenta estratégica para a recuperação de terras degradadas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, considerando as três dimensões da sustentabilidade: social, ambiental e econômica. Para isso, os objetivos específicos são os seguintes:

- gerar uma metodologia para avaliação da sustentabilidade da pecuária a pasto;
- aplicar essa metodologia em 6 propriedades de produção pecuária;

- c) realizar um ensaio de cenários para expansão do SSP na BHRP.

1.8. Percorso metodológico

A partir do Indicador de Sustentabilidade de Agroecossistemas – ISA (Ferreira *et al.*, 2012), uma nova ferramenta de diagnóstico foi desenvolvida, especificamente, para esta pesquisa, que recebeu o nome de ISA-Pecuária. Trata-se de uma ferramenta de pesquisa qualitativa que atende às demandas da produção pecuária em paisagens montanhosas, contemplando as três dimensões da sustentabilidade por meio da aplicação de questionários, observação participativa e levantamento topográfico. As questões da pesquisa foram respondidas por cada proprietário das propriedades pesquisadas, pelos colaboradores e pelo pesquisador (através de observação participativa *in loco*). Inclui, também, informações disponíveis em Bancos de Dados governamentais, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR).

Vale lembrar que 6 (seis) fazendas de gado alimentadas a pasto inseridas dentro da área de Estudo de Caso foram submetidas à pesquisa, sendo 2 (duas) de pecuária de monocultura degradada (PDM); 2 (duas) de pecuária de monocultura produtiva (PMP); e 2 (duas) de pecuária produtiva em monocultura (PPSP). A partir dos dados coletados em campo, um conjunto de indicadores foi compilado para avaliar os resultados, a saber: Índice de Sustentabilidade Acumulada, Macroindicadores de Sustentabilidade, Aspectos Sociais e Econômicos, Aspectos Ambientais e Uso e Ocupação Atual do Solo.

2.

A Origem e evolução geomorfológica da paisagem dos Mares de Morros

A paisagem geográfica dos Mares de Morros constitui um tipo de domínio morfoclimático brasileiro de acordo com a classificação elaborada por Ab'Sáber (1966), que usou essa expressão para descrever uma extensa cadeia de montanhas que pertence ao Planalto Atlântico, a qual se estende pela faixa costeira do país, basicamente constituída pelo Bioma da Mata Atlântica. Vale lembrar que o nome “Mares de Morros” foi escolhido devido à semelhança dos morros com as ondas do mar.

Ao utilizar uma escala de tempo mais longo, a Terra foi formada há 4,6 bilhões de anos² e, durante esse período, houve várias formações continentais atribuídas às oscilações de suas placas tectônicas, fenômeno denominado Deriva Continental³.

O ambiente do planeta já foi muito mais hostil antes do primeiro homem estar na Terra, foram longos períodos de condições adversas para qualquer tipo de vida. A falta de oxigênio na atmosfera, o aumento e a diminuição nos teores de carbono, as inúmeras glaciações intercaladas com períodos de temperatura elevada, a instabilidade do núcleo do planeta com grande atividade magmática – esses são apenas alguns exemplos do que representou as condições da Terra durante a maior parte de sua existência⁴.

Nos últimos dez milhões de anos, as condições se acalmaram e proporcionaram maior estabilidade ao ambiente, caracterizando o início do período do Holoceno. Nesse período, o principal agente de mudanças sobre a Terra é o homem, sendo este o atual ser vivo que exerce o maior uso e impacto sobre os recursos naturais (Rockström, 2015).

A forma pela qual a sociedade se apropria das paisagens, fazendo uso, ou explorando suas riquezas naturais, torna complexa a estabilidade ambiental,

² UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Projeto Amora. Atividades Integradas 2011. Um pouco da história da Terra. **A Terra**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/projetoamora/atividades-integradas/atividades-integradas-2011/um-pouco-da-historia-da-terra>. Acesso em: 17 nov. 2017.

³ SUGUIO, K.; SUZUKI, U. **A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida**. São Paulo: Edgar Blucher, 2003.

⁴ IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas Escolar**. A Terra. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/a-terra.html>. Acesso em: 17 nov. 2017.

fragiliza a resiliência dos ecossistemas e acelera a degradação do seu próprio meio de vida.

Nesse contexto, faz-se necessário que a sociedade conheça o histórico e as condições de formação e evoluções de cada uma das paisagens, a fim de que possa interagir com o meio ambiente de modo mais eficiente para que o término do período do Holoceno não seja precipitado.

A abordagem deste capítulo busca revisar a origem e a evolução geomorfológica da paisagem geográfica brasileira, denominada Mares de Morros, objetivando que esses conhecimentos sejam aplicados em futuros planejamentos de sistemas agropecuários sustentáveis a serem propostos para o recorte espacial da BHRP, área de Estudo de Caso.

A Geologia estuda os processos e materiais do planeta Terra com objetivo de entender a origem do planeta e sua evolução ao longo de todo seu tempo de vida, estimado em 4,6 bilhões de anos. Processos que atuam embaixo e na superfície do solo operam a taxas lentas e vêm modificando, de forma intensa, a superfície terrestre. Uma significativa parte da pesquisa Geológica sobre a evolução da Terra está debruçada nos movimentos e choques das placas tectônicas, muitas vezes, de grandes proporções e que alteraram a paisagem e a configuração dos continentes. (IBGE, 2009)

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Geomorfologia estuda as formas e configurações derivadas, principalmente, dos movimentos tectônicos, caracterizados pelos eventos de soerguimento e denudação do relevo, resultando as formas da superfície terrestre. A evolução da paisagem é um movimento dinâmico que tem a origem de seus processos em eventos tanto pretérito como atuais, naturais e antropogênicos.

2.1. Escala Global

2.1.1. Eventos tectônicos

A superfície do planeta está apoiada em várias placas tectônicas, que flutuam sobre um manto magmático. O espaço entre a Litosfera – superfície do planeta – e o Núcleo da Terra é chamado de Atenosfera, que é composta por uma imensa extensão de magma líquido. Esse magma apresenta variação de temperatura

em razão de sua maior proximidade, ou não, com o Núcleo da Terra. As correntes de convecção são formadas devido à diferença de temperatura do magma localizado no entorno do núcleo do planeta, mais quente, com o que está mais próximo da superfície terrestre, mais frio⁵.

A Figura 4 apresenta as correntes de convecção, onde o magma mais quente sobe e entra em contato com o mais frio, e, ao se resfriar, o magma desce e entra em contato com a área nuclear do planeta, reaquentando em um processo contínuo e cíclico.

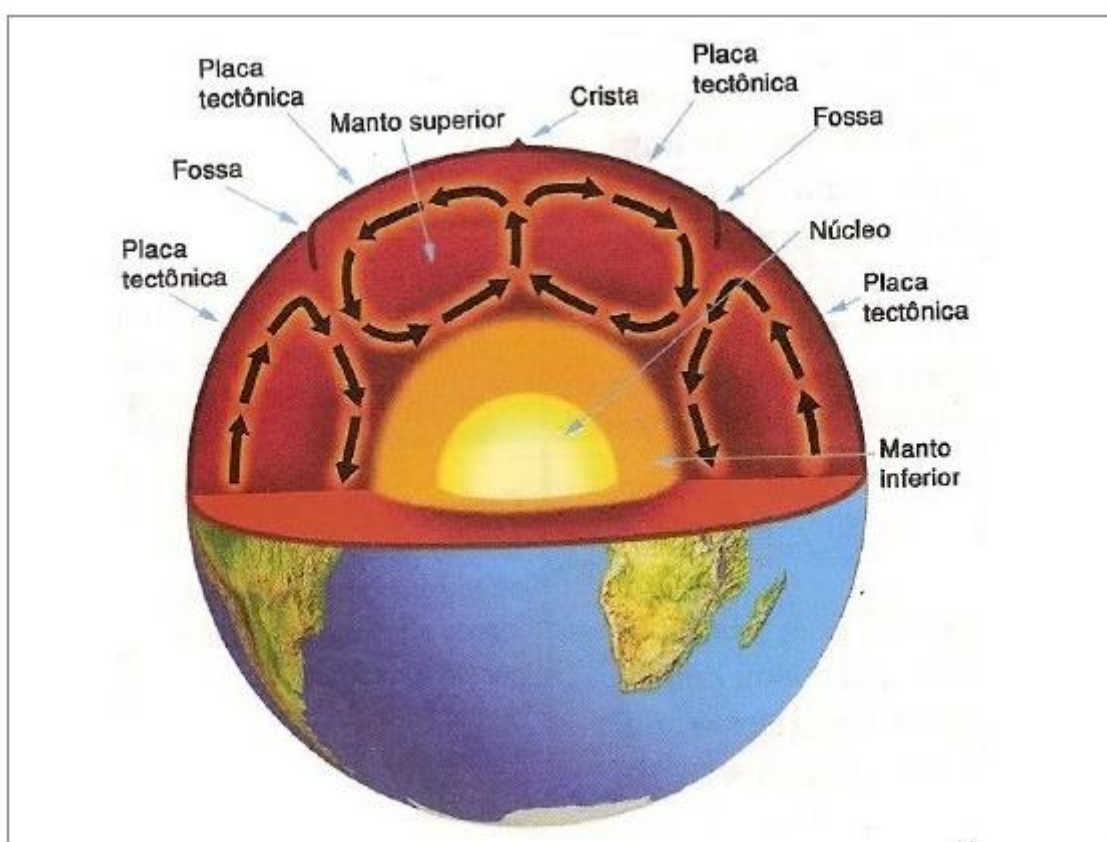


Figura 4: Correntes de convecção.
Fonte: Dobramentos Modernos Geo (2010).

De acordo com a teoria dos movimentos tectônicos, as correntes de convecção proporcionam um movimento das placas tectônicas, que se deslocam a uma lenta velocidade de centímetros por ano. Ao se deslocarem, as placas colidem

⁵ REIS, C. M. M. **Fundamentos da Geologia – Dinâmica interna da Terra**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Ed. Universitária, 2011. 516 p. Disponível em: http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo_site/Biblioteca/Livro_1/3-Fundamentos_em_Geologia.pdf. Acesso em: 17 nov. 2017

entre si, causando intensas atividades vulcânicas, principalmente em suas bordas, resultando em alterações nas rochas, terremotos, soerguimento de montanhas, deslocamentos dos oceanos. Esses processos também são responsáveis pela alocação das bacias hidrográficas, das reservas de combustíveis fósseis e metais preciosos (como ouro, prata, cobre, minério de ferro, entre outros).

2.1.2. Deriva dos continentes e eventos de soerguimento

A estrutura do relevo da paisagem dos Mares de Morros é antiga, e sua origem se deu a partir de processos de soerguimento promovidos pela junção das placas tectônicas para a formação de Gondwana. Esses processos ocorreram há, aproximadamente, 450 milhões de anos (Figura 5). Também contribuíram para sua modelagem os eventos de faturamento e falhamento decorrentes da abertura do Oceano Atlântico e a consequente separação desse mesmo continente, entre 250 e 150 milhões de anos (Figura 6). Daí em diante, até os dias de hoje, a paisagem está sendo modelada de forma contínua pelas ações do clima. (Freitas, 2017)

A seguir, apresenta-se a forma cronológica dessa paisagem. A Figura 5 mostra a deriva continental, que resultou na junção das placas, provocando o soerguimento da cadeia de montanhas ao longo do Planalto Atlântico brasileiro e da paisagem dos Mares de Morros, ocorridos durante a aproximação dos supercontinentes; a Figura 6 mostra o posterior processo de afastamento e a abertura do Oceano Atlântico; e a Figura 7 mostra a atual configuração das placas tectônicas. Vale destacar que as setas na cor amarela mostram a direção da deriva continental.

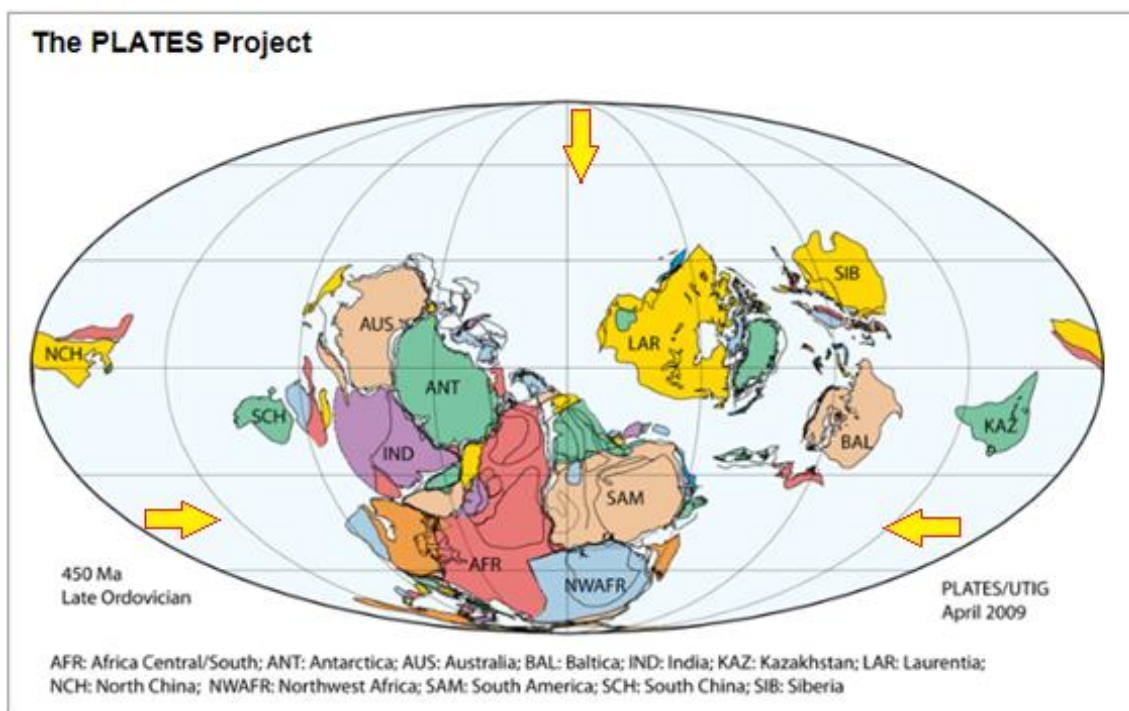


Figura 5: Deriva continental que deu origem à junção dos continentes há 450 milhões de anos.

Fonte: Lawver *et al.* (2009). (Adaptado).

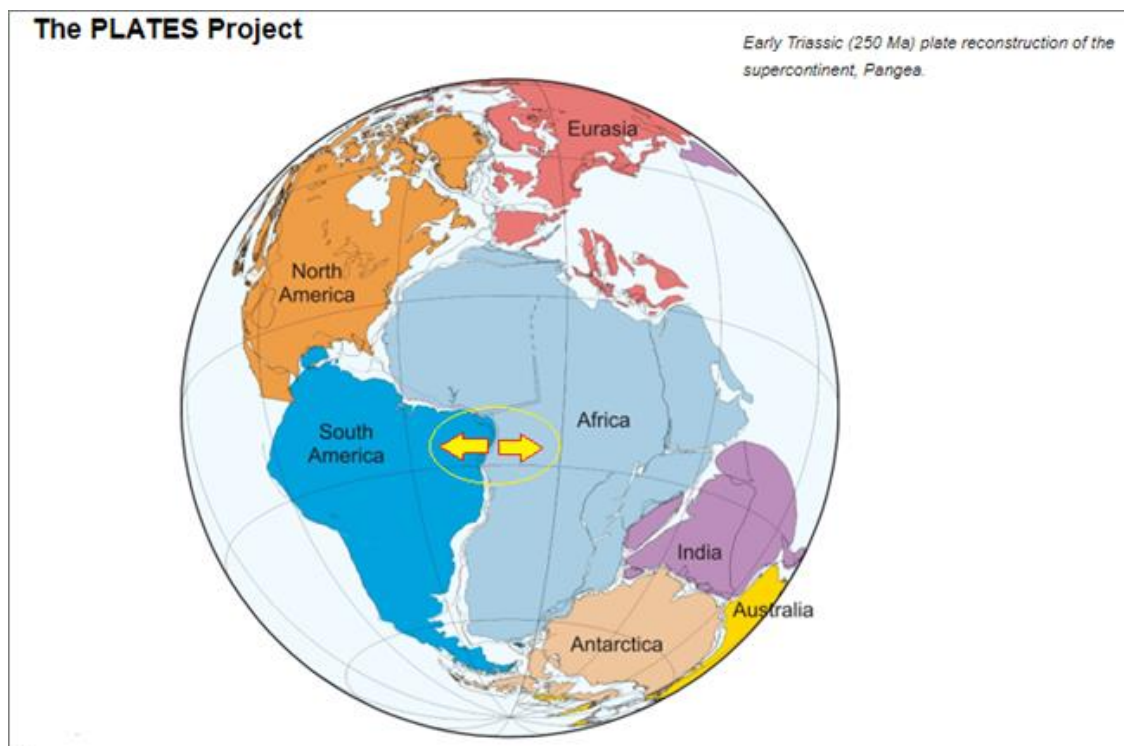


Figura 6: Movimento de abertura do Oceano Atlântico e a consequente separação dos continentes, entre 250 e 150 milhões de anos.

Fonte: Pardo (2009). (Adaptado).

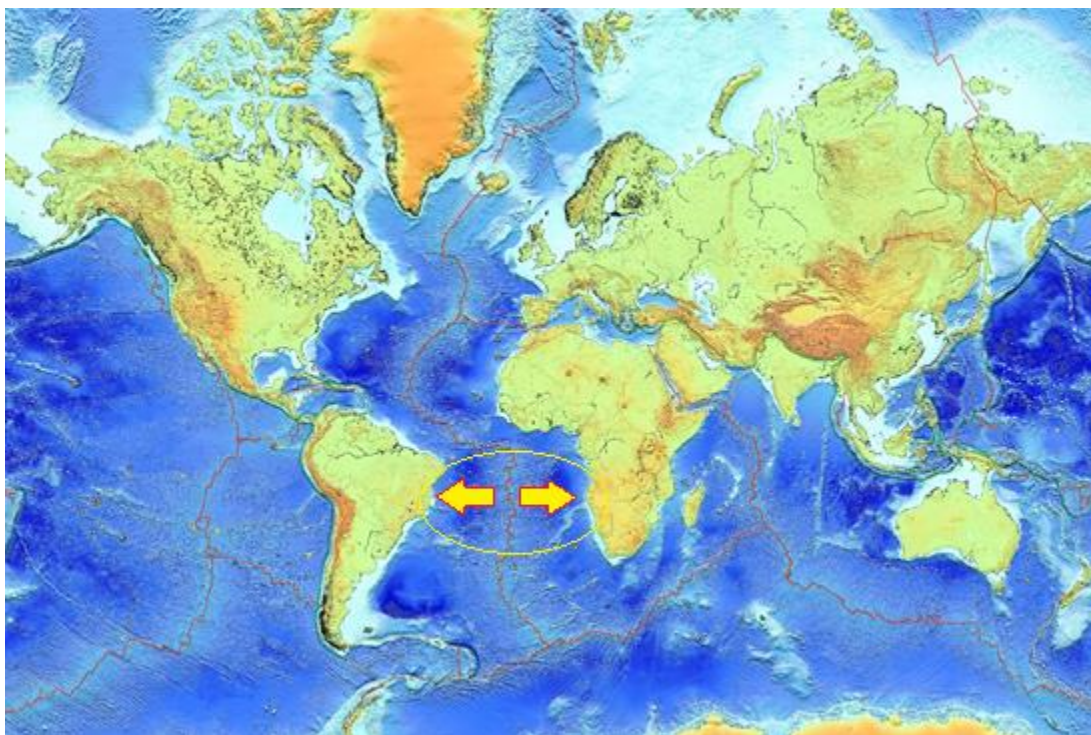


Figura 7: Atual configuração das placas tectônicas.
Fonte: Smith e Sandwell (1997). (Adaptado).

A Figura 7 mostra a configuração das placas tectônicas da Terra. Observa-se que o Brasil está todo contido na Placa Sul-Americana, que fica entre a Placa Nazca, localizada à oeste, em direção ao Oceano Pacífico, e a Placa da África, à leste, em direção ao Oceano Atlântico. O Brasil tem uma posição privilegiada na Placa Sul-Americana, pois ocupa a parte central da placa, ficando longe das bordas mais suscetíveis a terremotos, a vulcanismos e a dobramentos modernos.

De acordo com Freitas (2017), foram os seguintes movimentos de placas responsáveis pela modelagem da paisagem: primeiro, o fechamento de diversos Oceanos e a formação de uma grande cordilheira, com dobramentos, soerguimentos de rochas e grande processo de metamorfismo com elevada temperatura, que deram origem ao Continente de Gondwana (Figura 5); o segundo evento foi a abertura do Oceano Atlântico, proporcionando a grande quebra desse continente com falhamentos e fraturamentos (Figura 6), formando a atual configuração dos Continentes da América do Sul e da África (Figura 7).

2.2. Escala da paisagem geográfica dos Mares de Morros

2.2.1. Faixa Móvel Ribeira

Segundo Bizzi *et al.* (2003), os eventos de maior importância para a formação do continente da América do Sul aconteceram durante o Ciclo Brasileiro, responsável pelo surgimento de diversas faixas móveis nas bordas dos crátons (unidades geológicas antigas e que se mantiveram estáveis mesmo após o Ciclo Brasileiro).

A Figura 8, a seguir, mostra, mais de perto, os eventos magmáticos que originaram a separação do continente da América do Sul e da África, ocorrida devido à abertura do Oceano Atlântico. Nota-se que os crátons São Luiz, do Oeste Africano, São Francisco e do Congo, foram divididos, ficando parte no continente da América do Sul e parte na África.

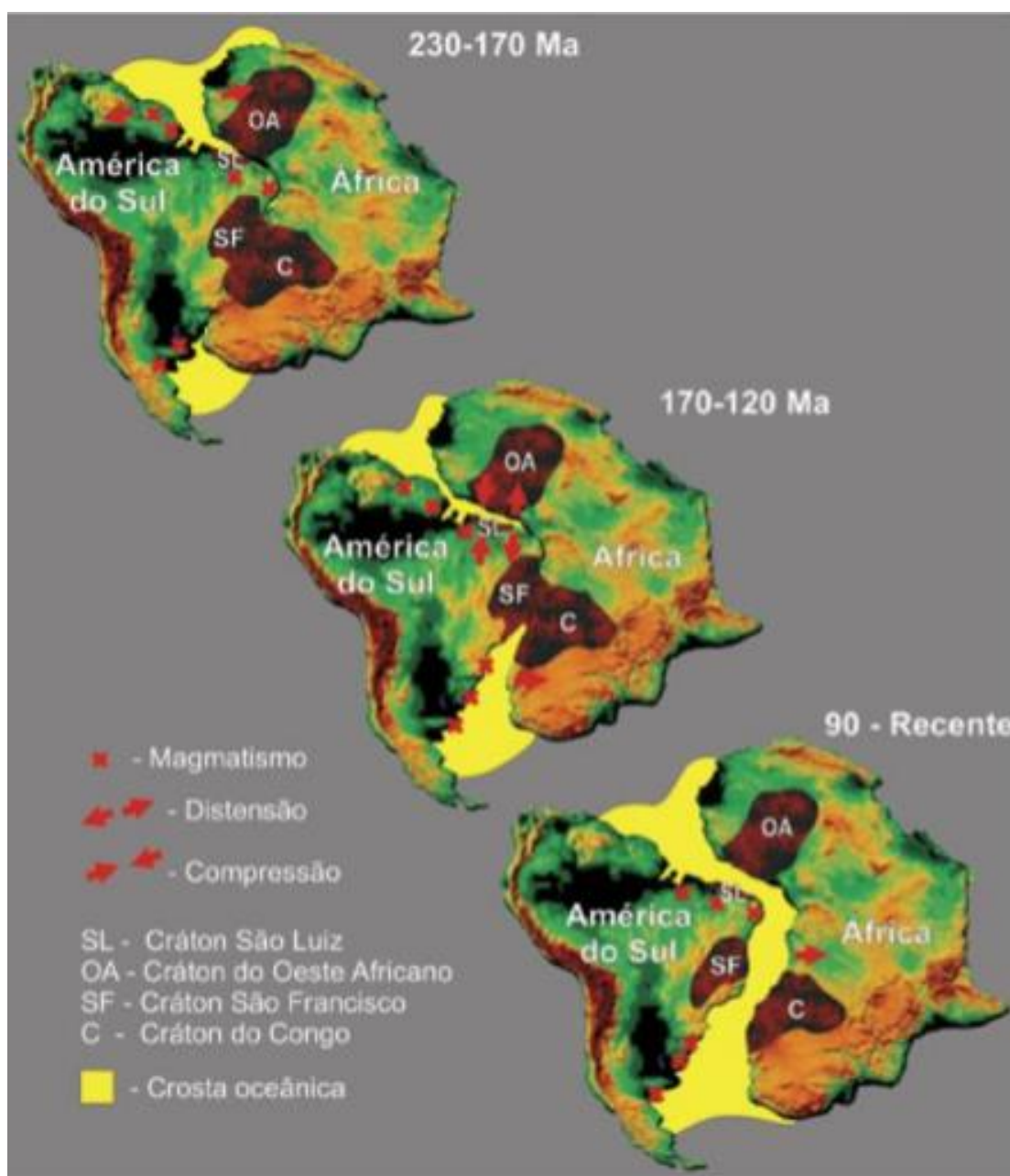


Figura 8: Detalhe dos eventos magmáticos e a divisão dos crátons entre o continente da América do Sul e da África.

Fonte: Mizusaki *et al.* (1998). (Adaptado).

A Figura 9, a seguir, mostra, em destaque, os escudos, ou crátons, da Placa Sul-Americana na cor roxa, sendo a Faixa Móvel Ribeira, ou Faixa Móvel Sudeste, representada por pequenos pontos amarelos.

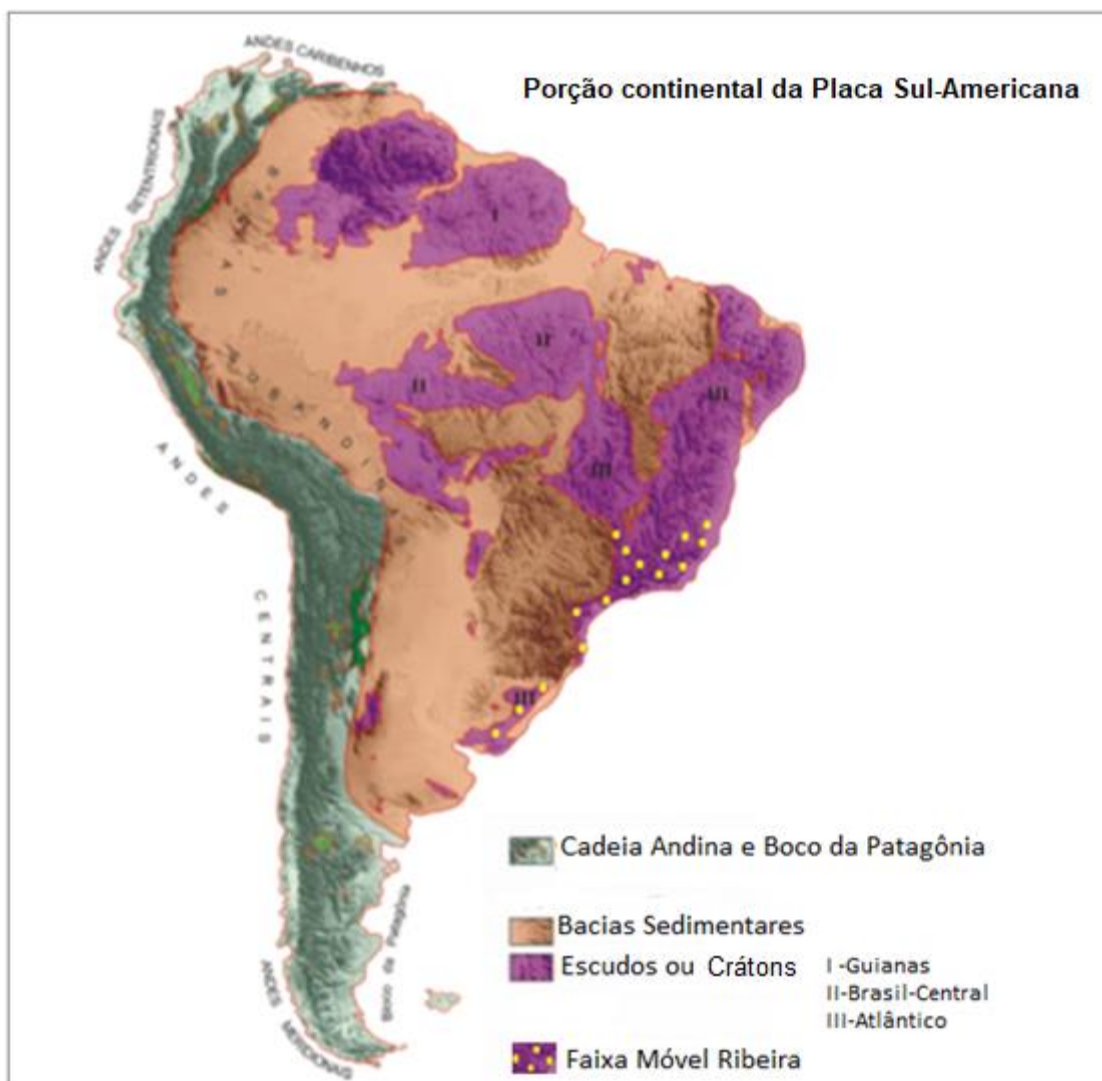


Figura 9: Porção continental da Placa Sul-Americana.

Fonte: Bizzi *et al.* (2003). (Adaptado).

O soerguimento da cadeia de montanhas da área core dos Mares de Morros, localizada na região Sudeste do Brasil, teve sua orogênese no Ciclo Brasileiro, mais precisamente durante a formação da Faixa Móvel Ribeira.

Ao analisar o contexto geotectônico do Ciclo Brasileiro e da Faixa Móvel Ribeira, tem-se a seguinte cronologia: a) os choques das placas tectônicas deram origem ao processo de soerguimento; b) na sequência, a abertura do Oceano Atlântico proporcionou um processo de faturamento e falhas na estrutura desses maciços de rochas cristalinas; c) decorrentes do ciclo hídrico, as redes de drenagem se estabeleceram; d) processos erosivos atuaram nessas estruturas, rebaixando os níveis de base, formando uma extensa cadeia de montanhas irregulares, côncavas e convexas, que, dificilmente, entram em equilíbrio, conforme mostrado na Figura 10, a seguir.

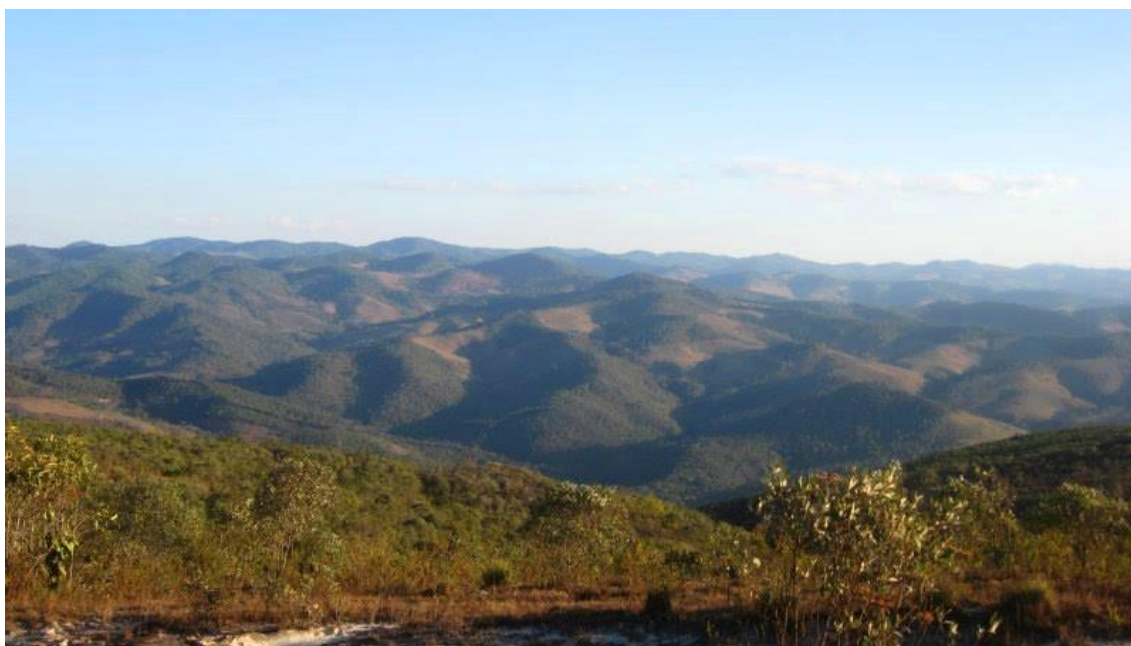


Figura 10: Foto panorâmica dos Mares de Morros – Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – região Sudeste do Brasil.
Fonte: Poletto *et al.* (2016).

A Figura 10 mostra uma área core dos Mares de Morros, localizada na BHRP, na mesorregião da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais (MG). Essa mesorregião recebe o nome de Zona da Mata e apresenta, com grande intensidade, as características do Bioma da Mata Atlântica. Nessa figura, é possível observar a sequência de cadeia de montanhas que se perdem ao longo do horizonte da paisagem, com a sucessão de movimentos de soerguimento, sendo que a denudação resultou na morfologia atual do relevo.

2.3. Denudação e modelagem da morfologia do relevo atual dos Mares de Morros

Ao longo do tempo, ocorrem alterações no espaço, que causam instabilidades para o meio ambiente e mudanças biológicas. Essas instabilidades podem ser provocadas por processos naturais ou pela atividade humana (Forman, 1995). A modelagem dos Mares de Morros ocorreu a partir do Período Quaternário, por meio de processos morfogenéticos que se sucederam nessa paisagem, sobretudo, devido a grandes variações de períodos úmidos e secos, com elevadas temperaturas, característicos de suas florestas tropicais úmidas. Impulsionado pelas

condições de clima descritas, o processo de meteorização química diminuiu a coesão dos materiais do solo, desencadeando processos erosivos, sobretudo dos maciços de rochas cristalinas, também denominados processos de denudação. (IBGE, 1977)

A combinação de fatores tectônicos e erosivos removeu a superfície menos resistente das rochas, modelando o relevo em uma cadeia de montanhas com seções irregulares, ou morros mamelonares, apresentando uma variação entre as partes mais íngremes e as partes mais suaves, e que, dificilmente, ficam em equilíbrio, permitindo caracterizar essa unidade paleogeográfica recente dos Mares de Morros. Recobrando os maciços cristalinos, escarpas e sua cadeia de montanhas, uma exuberante e biodiversa floresta tropical se desenvolveu. (IBGE, 1977)

2.3.1. Complexos de Rampa e teoria da evolução das vertentes

Os Fundamentos do Complexo de Rampa (Mousinho *et al.*, 1981) e as Considerações sobre as Evoluções das Vertentes (Bigarella *et al.*, 1965) também podem ser utilizadas para reconhecer os eventos operantes no desenvolvimento da morfologia das encostas da paisagem dos Mares de Morros. Essa cadeia de montanhas heterogêneas ora é formada por faces de perfil côncavo, ora por perfil convexo. A paisagem é intercalada por rochas aparentes (a maioria de granito), regiões de topos de morro, encostas e baixadas sedimentares. A Figura 11 apresenta o esquema básico da evolução das vertentes.

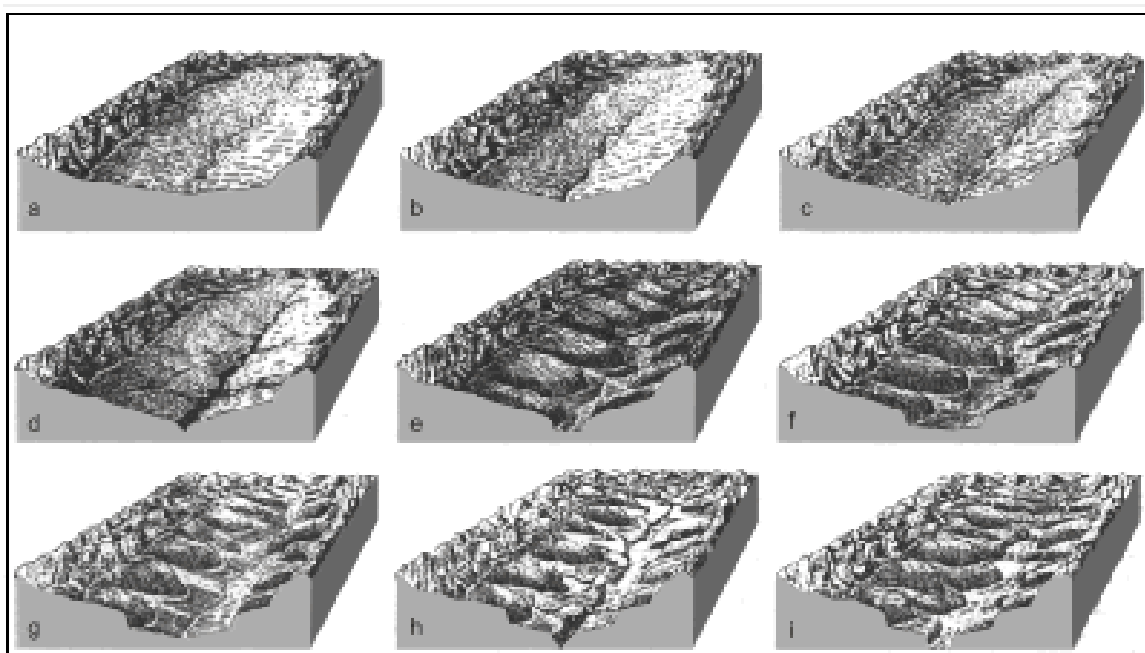


Figura 11: Esquema básico da evolução das vertentes.
Fonte: Bigarella *et al.* (1965).

A Figura 11 mostra a superfície superior das rochas decompostas e removidas, que se deslocaram em direção à drenagem das bacias hidrográficas. Parte desse material formou pequenas ilhas de bacias sedimentares nessa paisagem e parte foi depositada no fundo dos rios e oceanos.

2.4. Atual configuração dos Mares de Morros

A atual configuração dos Mares de Morros passa por 13 estados ao longo do Planalto Atlântico: Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os Mares de Morros apresentam áreas de transição para outras 3 paisagens brasileiras. Ao norte, encontra-se com a Caatinga; ao centro-oeste, com o Cerrado, e em sua porção mais ao sul, com o Planalto das Araucárias, o que coloca essa paisagem como um dos domínios mais complexos do país, do ponto de vista ecológico e paisagístico.

A paisagem dos Mares de Morros é dividida em área core de, aproximadamente, 650.000 km², e áreas de transição de, aproximadamente, 350.000 km², ocupando uma área total de, aproximadamente, 11,74% ao longo do Brasil, com precipitação variando entre 1.100 e 1.500 milímetros ao ano, sendo que, na Serra do Mar, o volume é, significativamente, superior, variando de 3.000 a

4.000 milímetros ao ano. A paisagem dos Mares de Morros vai do Nordeste ao Sul do Brasil, passando pelos seguintes estados: Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Ab'saber, 1966, 1967, 2003). A seguir, na Figura 12, será apresentado o mapa esquemático dos domínios morfoclimáticos do Brasil, elaborado por Ab'Saber (2003).



Figura 12: Mapa esquemático dos domínios morfoclimáticos do Brasil.
Fonte: Ab'Sáber (2003).

A Figura 12 mostra que o Brasil apresenta 6 paisagens geográficas distintas, a saber: Amazônica, Cerrado, Mares de Morros, Caatinga, Araucárias e Pradarias, além das faixas de transição entre as mesmas.

2.5. O encaixe da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna no contexto da paisagem

A BHRP está inserida na região Sudeste do Brasil, sendo que sua bacia se encontra, essencialmente, no Estado de Minas Gerais, situada no interior da mesorregião da Zona da Mata, tendo Juiz de Fora como a maior cidade de sua bacia, com uma estimativa de 559.636 habitantes em 2016. O Rio Paraibuna pertence a duas bacias hidrográficas de maior grandeza, primeiramente a Bacia Hidrográfica do Rio Preto, sendo que está inserida na calha da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Casquim, 2016). A Figura 13, a seguir, apresenta a localização da BHRP.

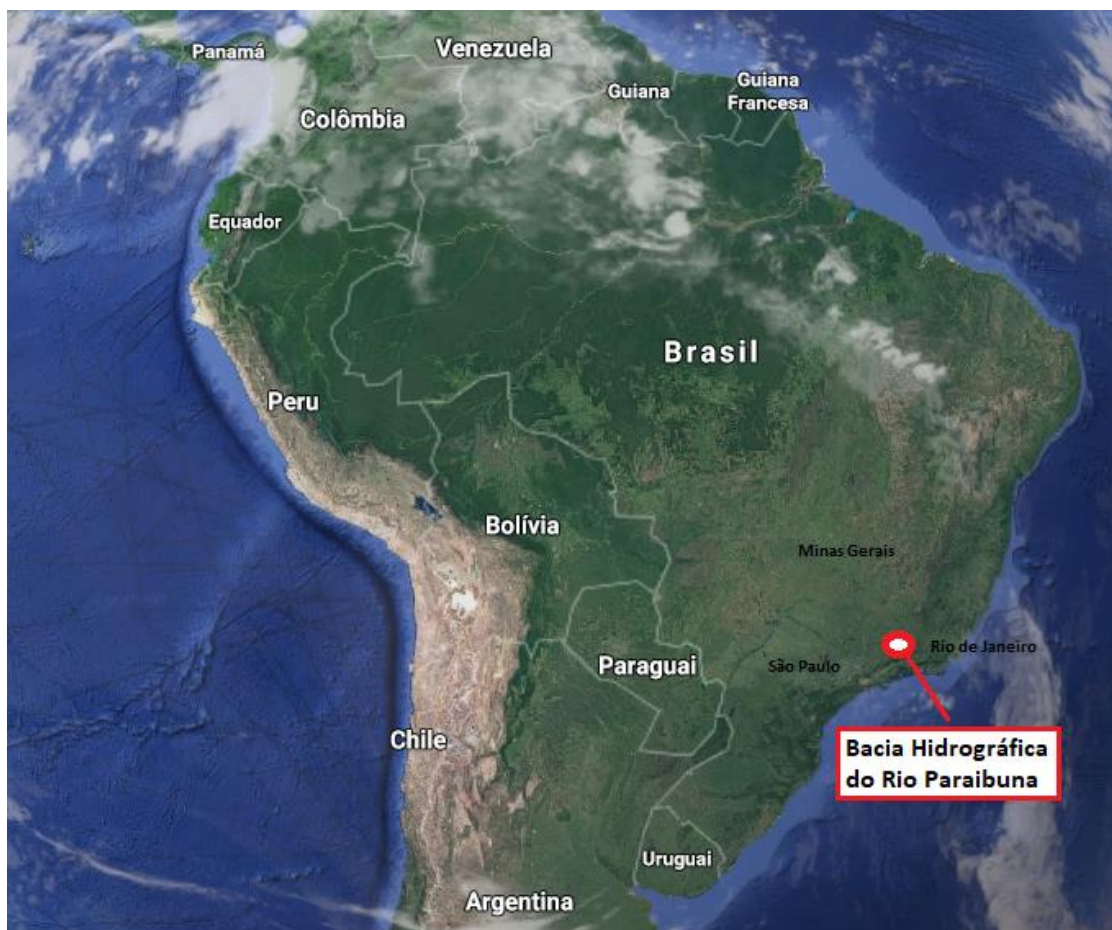


Figura 13: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.

Fonte: GOOGLE EARTH (2018). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

A Figura 13 mostra que a BHRP se localiza entre as 3 maiores cidades brasileiras: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, região mais densamente povoada do país.

Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), a Figura 14 mostra em detalhes as 4 sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul: Alto Paraíba do Sul; Baixo Paraíba do Sul; Rio Preto e Paraibuna; Rio Pomba e Muriaé. De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e Paraibuna, a Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Preto e Paraibuna foi instituída em 29 de dezembro de 2005, pelo Decreto Estadual n.º 44.199, sendo formada por outras quatro sub-bacias: Rio Preto, Rio do Peixe, Rio Cágado e Rio Paraibuna, sendo este último a área de estudo desta pesquisa. O Rio Paraibuna, nos seus últimos 44 km, faz a divisa entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo o principal afluente do Rio Paraíba do Sul, com uma vazão de 179 m³/s¹. Essa junção dos estados forma uma das regiões mais povoadas do Brasil, fato que fragiliza a gestão do espaço geográfico, trazendo um desafio adicional para a conservação dessas bacias (Figura 14).

2.6. A aptidão agropecuária da BHRP

A evolução geomorfológica da paisagem dos Mares de Morros resultou em condições que não são as mais indicadas para a produção pecuária e agrícola na BHRP devido a seu relevo ser predominantemente ondulado e montanhoso (impedindo a mecanização intensiva); somado a isso, aparece o fato de os solos apresentarem elevados teores de alumínio (solos alcalinos) e com fertilidade deficiente.

A declividade média da BHRP é de, aproximadamente, 23% (Casquim, 2016), sendo o ideal para a mecanização agrícola o intervalo entre 5% e 12% (Ribeiro, 2012). Segundo dados da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 2008), os principais solos são os Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico (83%), seguido pelos Argissolos Vermelho-Amarelo, predominantemente eutrófico (5,51%), Latossolo Amarelo distrófico (4,71%), entre outros. Esses solos são alcalinos, fato que dificulta a disponibilização dos

¹ AGEVAP. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo. **Caderno de Ações Bacia do Rio Paraibuna**. Relatório Contratual R-10. Elaboração: Fundação COPPETEC Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente.

nutrientes para as plantas, e com fertilidade mediana, ocorrendo a deficiência em fósforo em boa parte da bacia hidrográfica/paisagem.

A análise da variação de altitude e da declividade são fatores físicos fundamentais para o planejamento da paisagem, pois influenciam, diretamente, as possibilidades de uso do solo de forma sustentável. Uma inclinação mais alta aumenta a velocidade do escoamento superficial da água da chuva, proporcionando maior resistência mecânica aos agregados do solo e, assim, aumentando o risco de lixiviação, erosão e assoreamento (Machado, 2012). Se, por um lado, esse declive significativo impede a mecanização extensiva da região; por outro, aumenta os riscos ambientais, especialmente, quando associado a solos deficientes e ao sobrepastoreio de bovinos, aumentando a degradação da terra, sendo frequente a ocorrência de solos expostos e processos de erosão.

Fernandes (2013) salienta que boa parte dessa unidade de paisagem, os Mares de Morros/BHRP, teria maior aptidão para áreas de preservação permanente, reservas florestais e de recarga hídrica e não deveria ter sido convertida para outros usos. Ocorre que, inicialmente, a matéria orgânica residual do desmatamento serve como fonte de nutrientes e substrato para a produção agropecuária e, com o passar dos anos e décadas, o empobrecimento do solo é uma realidade indesejada.

Em um contexto mais holístico, a paisagem deve ser vista de forma integrada, composta, basicamente, pelos conhecimentos da geologia, morfologia, climatologia, biologia, geografia, bem como pelos conhecimentos sociais, econômicos, ambientais e pelos processos históricos de uso e ocupação do solo. A paisagem deve ser entendida como um processo dinâmico e não estático, que está em mudança e evolução contínua, seja por influências de tectonismo, exposição às intempéries climáticas, pela ação de seus habitantes, entre outros. Deveria caber ao homem, como atual ser vivo que exerce o maior uso e impacto sobre a Terra, observar as condições de evoluções de cada uma das paisagens, a fim de que essa evolução seja positiva, favorecendo a conservação e o equilíbrio do planeta.

A forma pela qual a sociedade realiza o uso do solo torna complexa a estabilidade do relevo, acelerando ou não o movimento de denudação e a perda do horizonte de solo fértil produtivo, sendo que parte da sustentabilidade vai além do uso de insumos e conservação da biodiversidade, atingindo a conservação dos solos, substrato de difícil recuperação, pois são necessários milhões de anos para sua formação.

O conhecimento de forma prévia da dinâmica da evolução da paisagem e de sua atual configuração é estratégico e decisivo para qualquer atividade que envolva a apropriação e transformação da paisagem pelo homem, quer seja pela: expansão urbana e demográfica; pelo planejamento sanitário e logístico; por atividades comerciais e industriais; pela exploração de recursos naturais; pela adoção de sistemas produtivos; entre outros.

Nas questões ambientais em sentido mais estrito, um campo amplo e próprio da Geografia é o processo da transformação da paisagem pela ação do homem. Esta linha procura interpretar o ambiente buscando as relações entre natureza, cultura e sociedade. Por meio dos enfoques e metodologia da História Ambiental e da Ecologia, esta linha trabalha com as resultantes ecológicas da transformação humana dos ecossistemas através dos tempos. Uma outra dimensão também contemplada nesta linha é a da Ética Ambiental².

Nessa perspectiva, entender a origem e a evolução Geomorfológica da paisagem dos Mares de Morros e da BHRP é indispensável para que planejamentos mais eficientes dos sistemas de produção agropecuários sejam obtidos, utilizando, de forma mais harmônica, os recursos naturais, contribuindo, assim, para a revitalização dessa bacia hidrográfica, bem como de toda a paisagem dos Mares de Morros.

² PUC-Rio. Trans Formação da Paisagem. Linhas de Pesquisa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia e Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.geo.puc-rio.br/mestrado/>. Acesso em 10 nov. 2018.

3.

O homem e a paisagem do Mares de Morros na escala da área de estudo

A paisagem geográfica dos “Mares de Morros” foi o primeiro espaço ocupado pelos colonizadores europeus no Brasil, no início do século XVI. Desde então, as terras pertencentes a essa paisagem tiveram diversos ciclos econômicos, com destaque para a extração de madeira, sucedido pela cana-de-açúcar, mineração, produção de café, criação de gado de leite e corte. (Ab'saber, 1966; Dean, 1995; Lamego, 1963)

Segundo dados da Aliança para a Conservação da Mata Atlântica³, a forma pela qual os recursos naturais foram explorados gerou uma elevada degradação para a paisagem dos Mares de Morros, que teve 93% de sua cobertura florestal desmatada.

Metzger (2001) afirma que é necessário planejar a ocupação e a conservação da paisagem como um todo, a fim de compatibilizar o uso de terras com a sustentabilidade. Destaca-se que, por meio de um novo ciclo de produção bem-sucedido e que integre os aspectos econômicos e sociais com o restabelecimento dos serviços ecossistêmicos, essa paisagem pode produzir importantes quantidades de produtos e alimentos. Outro benefício que deve ser levado em consideração é a recuperação estratégica de uma grande parcela de terras improdutivas, capaz de contribuir para uma menor pressão sobre biomas conservados, como o da Floresta Amazônica, proporcionando, portanto, uma relação mais harmônica entre o homem e a natureza.

Nesse contexto, a abordagem deste capítulo busca entender o legado e a dinâmica ambiental durante o período histórico de ocupação da paisagem geográfica dos Mares de Morros, nos aspectos dos serviços ecossistêmicos pretéritos a sua antropização, leia-se aqui antes do período da colonização europeia e durante os ciclos produtivos ali estabelecidos após a colonização, até os dias de hoje.

³ ALIANÇA para a Conservação da Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.aliancamataatlantica.org.br/?p=47>. Acesso em: 29 mar. 2017.

A problematização é tão importante quanto a busca por soluções e, nesse contexto, o enfoque geográfico deve tratar das relações entre a sociedade-natureza através de seu processo dinâmico ao longo do tempo (Haesbaert, 2014).

Posto isso, a discussão de sustentabilidade deve ocorrer a partir do enfoque desse processo dinâmico, que deixa marcas ou alterações na paisagem, as quais têm uma relação direta com a evolução da cobertura e o uso do solo do planeta Terra. Mas, antes de aprofundar a pesquisa sobre a problematização e pertinência da análise do histórico de ocupação dos Mares de Morros, é oportuno apresentar um breve entendimento sobre o que é uma paisagem geográfica.

Santos (1996 *apud* Haesbeart, 2014) pondera que a Geografia possui uma série de conceitos os quais gravitam no entorno do espaço-tempo, por meio de um “sistema de conceitos” ou “categorias analíticas”. Haesbeart (2014) descreve esse sistema como “uma constelação”, sendo as estrelas compostas por: Lugar, sendo este o espaço-vivido; Território, o espaço-poder; Paisagem, o espaço-representação; Ambiente, as relações sociedade-natureza.

Sansolo (2007) reporta que, a partir de diversas representações, pode-se conceituar a paisagem como uma aparente dinâmica das interações entre a sociedade e a natureza, em diversas escalas de tempo e espaço. Por sua vez, Forman (1995) assinala que a heterogeneidade de uma superfície espacial apresenta agrupamentos, formando diferentes unidades interativas, sendo que essas apresentam pelo menos um fator em comum sobre determinada escala, constituindo uma paisagem ou um substrato homogêneo. As descrições de paisagem recorrem a um caráter mais simbólico, cultural e multidimensional na intenção de mostrar que as representações podem variar dependendo do contexto e da problemática abordada. (Léfèbvre, 2004)

Após as alternativas de aproximação do conceito de paisagem apresentadas anteriormente e com o intuito de facilitar a interlocução e o enfoque específico deste estudo, será utilizado o conceito de paisagem como de unidades homogêneas identificadas em alguma escala de espaço e tempo, onde ocorrem interações entre a sociedade e a natureza.

Ao longo do tempo, ocorrem alterações no espaço que causam instabilidades para o meio ambiente e mudanças biológicas. Essas instabilidades podem ser provocadas por processos naturais ou pela atividade humana (Forman, 1995). Primeiramente, este capítulo aborda os “Mares de Morros no período pré-colonial”,

na tentativa de se aproximar da descrição de paisagem sob influência somente das alterações provocadas pelo meio ambiente e mudanças biológicas; na sequência, aparecem “os Mares de Morros após a colonização europeia”, como descrição do período em que o homem foi o maior fator de mudança sobre a paisagem.

3.1. Os Mares de Morros no período pré-colonial – fauna e flora conservadas

Os padrões de dispersão e concentração de espécies na paisagem dos Mares de Morros, com domínio do bioma da Mata Atlântica, foram influenciados por diversos fatores, podendo-se citar os períodos de conexão e intercâmbio biológico com outras florestas pluviais sul-americanas (Amazônia e florestas andinas), seguidos por períodos de isolamento, assim como a variação do nível do mar e também por dispersão de espécies através de longas distâncias. (Silva *et al.*, 2004)

A presença de diferentes regimes climáticos e florestas, que ocorreu desde o nível do mar até altitudes acima de 1.700 metros, bem como o fato de a latitude da Mata Atlântica ter grande abrangência, variando em um intervalo de 25°, também contribuíram para um ambiente diverso e rico, com grande diversidade de plantas, ocasionando variados tipos vegetacionais, com diversas espécies especializadas em cada um deles. (Rizzini, 1997)

Na paisagem dos Mares de Morros, são descritos vários centros de endemismos, com grande número de espécies de distribuição restrita. Prance (1982), Soderstrom *et al.* (1988) e Silva *et al.* (2004), com base na distribuição de vertebrados terrestres e plantas, reconhecem 5 áreas de endemismos: Brejos Nordestinos, Pernambuco, Bahia Central, Costa da Bahia e Serra do Mar.

No recorte temporal desta seção, será descrita a paisagem dos Mares de Morros entre os séculos XV e XVI, devido ao fato de o contato com o homem, até então, ter ocorrido somente com tribos indígenas. Nômades em sua maioria, os índios utilizavam a terra e a floresta para subsistência; dessa forma, o pouco impacto ambiental que proporcionavam, logo, era restaurado, naturalmente, pela elevada capacidade de resiliência da paisagem, reestabelecendo, assim, a sua condição de equilíbrio ecossistêmico original.

Nessa época, 85% de sua área core, ou seja, de 650.000 km², eram recobertas por florestas biodiversas, dotadas de diferentes biotas. Suas formações vegetais eram compostas de Florestas Perenifólia Hidrófila Costeira, Florestas Subcaducifólia Tropical e Florestas Subcaducifólia Subtropical, sendo que, nas regiões de transição, por Florestas Subcaducifólia Tropical com Araucárias, Florestas Caducifólia não Espinhosa, Caatinga, Cerrado, Campo, Vegetação Litorânea (Ab'saber, 2003). Na área core, suas matas e florestas tropicais, que recebiam grande umidade, possuíam fisionomia alta e densa, atribuída à numerosa variedade de espécies pertencentes a várias formas biológicas e estratos. No estrato superior, encontram-se as árvores dominantes e de grande volume, com altura média de 25 a 30 metros. Através das copas das árvores dominantes, atravessa uma quantidade menor de luz e, nesse ambiente de umidade maior, ocorre o estrato inferior da floresta com a presença de plantas mais ralas e baixas. Seu solo, desnudo, apresenta uma grande camada orgânica, conhecida como serapilheira, responsável por manter a alta taxa de fertilidade e nutrição da floresta (Lamego, 1963). A Figura 15, a seguir, ilustra um bom remanescente de Mata Atlântica, na BHRP.



Figura 15: Imagem da Mata do Krambeck às margens do Rio Paraibuna, na cidade de Juiz de Fora.

Fonte: Autoria própria (2018).

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente⁴, a riqueza da Mata Atlântica brasileira é maior do que a de alguns continentes; por isso, a região é

⁴ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>. Acesso em: 29 mar. 2017.

altamente prioritária para a conservação da biodiversidade mundial. De acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (IMCBI)⁵, a Mata Atlântica possui, aproximadamente, 1/3 da biodiversidade brasileira, sendo 20 mil espécies de flora, 849 espécies de aves, 370 espécies de anfíbios, 200 espécies de répteis, 270 espécies de mamíferos e cerca de 350 espécies de peixes. Trata-se de um bioma com uma extensão latitudinal (comprimento Norte-Sul) superior ao próprio bioma amazônico (IBGE, 2012). Essa configuração geográfica confere à floresta atlântica uma grande amplitude climática. Uma formação florestal localizada no Rio Grande do Norte (a cerca de 3° de latitude Sul) recebe o dobro de incidência de sol, quando comparada a uma localizada no Rio Grande do Sul (a 30° de latitude Sul). Outro fator determinante são as condições geográficas. A Mata Atlântica se distribui em um território de grande variabilidade de altitude: ocorre desde o nível do mar até mais de 2.700 metros de altitude. Esse relevo montanhoso determina, ainda, uma outra fonte de heterogeneidade, semelhante à sua distribuição latitudinal: a orientação de encostas. Em uma mesma montanha, a encosta voltada para o Norte na latitude do Rio de Janeiro recebe uma quantidade de luz 3 vezes superior a uma voltada para o Sul. O somatório desses fatores permite um amplo gradiente de condições ecológicas, que, por sua vez, determinam a sua diversidade vegetal. (Oliveira, 2019)

Em relação à fauna, entre os mamíferos que se destacam, quer por sua raridade ou pela sua ubiquidade, podem ser citados os bugios (*Alouatta* spp.), várias espécies de veados, como *Mazama bororo*, *M. gouazoubira*, *M. nana*, *M. americana*, cutias (*Dasyprocta* spp.), capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), anta (*Tapirus terrestris*), mono carvoeiro (*Brachyteles arachnoides*), onça-pintada (*Panthera onca*), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), lontra (*Lontra longicaudis*), quati (*Nasua*), preá (*Cavia aperea*), tatu-canastra (*Priodontes maximus*) e jaguatirica (*Leopardus pardalis*).

No que diz respeito à flora, qualquer generalização é difícil em função de numerosos endemismos e condições geográficas, fazendo com que as manifestações florísticas mudem em pequena escala. Se consideramos grupos

⁵ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (IMCBI). Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/914-mata-atlantica-pode-sofrer-mais-perdas-com-mudancas-no-codigo-florestal>. Acesso em: 20 out. 2019.

taxonômicos em nível hierárquico amplo, em comum a toda a sua extensão, encontramos várias famílias como *Lauraceae*, *Bromeliaceae*, *Fabaceae*, *Myrtaceae*, *Orchidaceae*, entre outras. Contudo, em se tratando de espécie, as generalizações para o bioma são muito difíceis. As espécies arbóreas de ampla distribuição são raríssimas, especialmente aquelas de ocorrência em locais mais preservados. No entanto, o uso do termo “Mata Atlântica” pode ser uma decorrência da homogeneização antrópica de paisagens muito complexas, compostas por numerosas formações originalmente distintas entre si, como a Floresta Ombrófila Densa, a Floresta Ombrófila Estacional, Semidecidual, entre outras. O favorecimento ecológico causado pela ação antrópica levou à ampla distribuição por todo o território da Mata Atlântica de numerosas espécies pioneiras e secundárias como, por exemplo, *Guarea guidonia* (a carrapeta), *Piptadenia gonoacantha* (o pau-jacaré), *Miconia cinnamomifolia* (o jacatirão), *Cecropia glaziovii* (a embaúba) e muitas outras. Isso constitui um dos elementos que contribuem para tornar semelhante, em muitos aspectos, a fisionomia das distintas formações que compõem o bioma. Ao se classificar essas paisagens com o termo genérico “Mata Atlântica”, encontra-se, de forma subjacente, uma referência à transformação por que cada uma dessas formações sofreu ao longo dos séculos e que levou ao surgimento de florestas secundárias e paisagens homogeneizadas, espalhadas por amplas regiões do território brasileiro. (Oliveira & Engemann, 2012).

Vale destacar que a pecuária não existia nessa paisagem, sendo o bovino uma espécie alóctone, importada pelos colonizadores. Os índios brasileiros (e a maioria dos sul-americanos) não praticavam qualquer tipo de pecuária. As características da Mata Atlântica presente nos Mares de Morros pouco ofereciam para a nutrição dos herbívoros europeus, uma vez que esses bovinos se alimentam de gramíneas que se estabelecem, preferencialmente, na condição de sol pleno, sem o sombreamento de árvores. Esse fato remete a um dos fatores responsáveis pela transformação da paisagem, por meio da conversão de florestas em pastagens, introduzindo gramíneas exóticas. (Dean, 1995)

3.2. Os Mares de Morros após a colonização europeia – processo de degradação

No início dos anos de 1500, os europeus chegaram às Américas, sendo o Brasil colonizado por Portugal. A chegada dos portugueses ocorreu no litoral sul do Estado da Bahia, na faixa do domínio de paisagem dos Mares de Morros. Durante os séculos XVI, XVII, XVIII e XIX, a ocupação e exploração ocorreram na faixa litorânea do país, fato que se deve à facilidade de acesso à extensa costa brasileira, ao clima tropical úmido, à riqueza da mata nativa e à dificuldade logística para avançar para o interior do continente. Nesse contexto, do período colonial (início do século XIV) até a época da Revolução Industrial (meados do século XX), a exploração do Brasil ocorreu, predominantemente, na paisagem geográfica dos Mares de Morros, bioma de Mata Atlântica, passando pelos ciclos da extração de madeira da mata nativa, sucedido pela atividade da cana-de-açúcar, mineração, borracha, café, até chegar a seu último período de apogeu econômico com a pecuária de leite e corte, por volta do ano de 1950 (Dean, 1995; Lamego, 1963), conforme a Figura 16, a seguir.

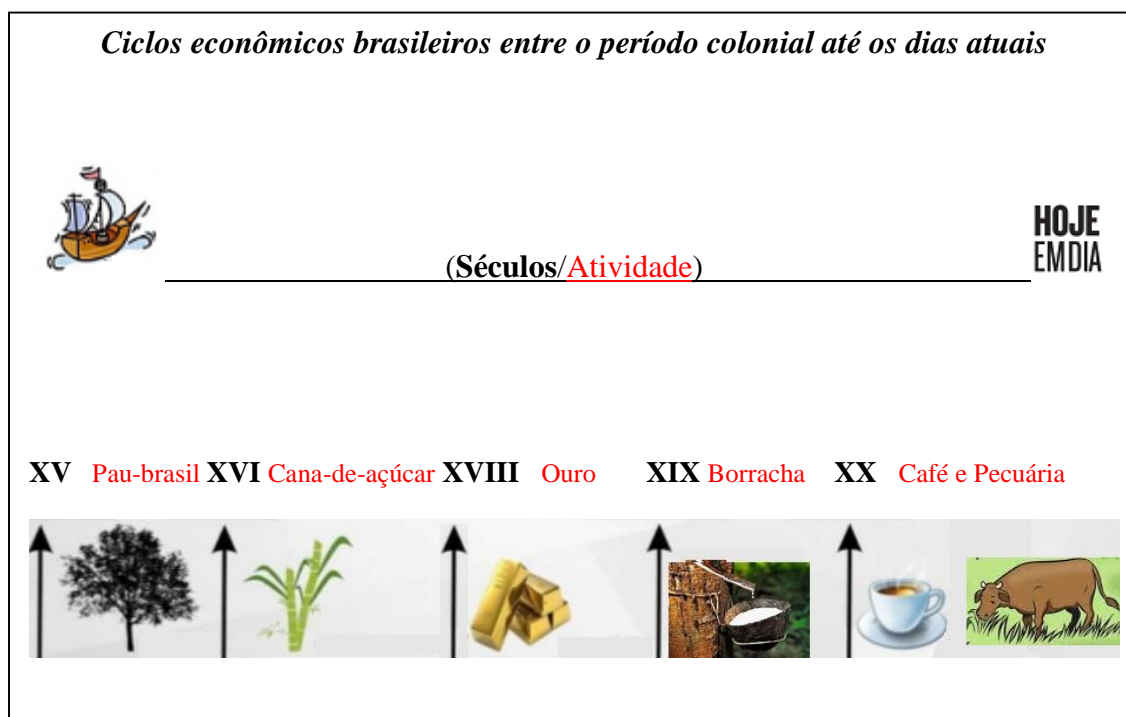


Figura 16: Ciclos econômicos brasileiros entre o período colonial até os dias atuais.
Fonte: Autoria própria (2018).

Nesse período, a relação do homem com a paisagem ocorreu de modo mais intenso e degradante, pois seu uso não era mais para a subsistência. Dessa vez, o impacto ambiental foi organizado e progressivo, seguindo a lógica capitalista de explorar os recursos naturais em escala, para o acúmulo de capital através do melhor custo-benefício do ponto de vista financeiro. Mas a elevada capacidade de resiliência da paisagem não foi suficiente para restaurar sua condição de equilíbrio original, ocorrendo um ciclo de elevada degradação da paisagem, que perdura até os dias de hoje.

Junto com os ciclos econômicos, a urbanização da região mais densamente povoada do Brasil teve seus primeiros centros urbanos no século XVI, ao longo do litoral, em razão da produção do açúcar. Nos séculos XVII e XVIII, a descoberta de ouro fez surgir vários núcleos urbanos na região Sudeste; já no século XIX, a produção de café impulsionou o processo de urbanização, momento em que a capital do país era a cidade do Rio de Janeiro. Atualmente, a área que essa paisagem abrange abriga 60% da população nacional, estimada em 190 milhões, em 2010, concentrando 70% do Produto Interno Bruto (PIB), com 2/3 da economia industrial do país. A pressão causada pela expansão urbana desordenada pode ser considerada uma das causas de degradação florestal e de sua histórica fragmentação. (Scarano *et al.*, 2009)

Ab'Sáber (1967) esclarece que diversas áreas de florestas foram devastadas nessa paisagem, o que contribuiu, sobremaneira, para o desfiguramento da Mata Atlântica na região Sudeste do Brasil, como se pode citar, para a introdução dos canaviais e cafezais, para a exploração de madeira para carvão vegetal, destinado à siderurgia e ao consumo doméstico, entre outros. Lamego (1963) afirma que a cultura do café foi a principal responsável pela devastação das florestas na Serra Fluminense, sendo que o processo econômico desferiu um grande impacto contra uma floresta de Mata Atlântica nessa região.

Segundo Dean (1995), como os recursos naturais eram fartos, todos os ciclos subsequentes contribuíram para a instalação de um modelo predatório, extrativo-agro-exportador das riquezas naturais do Brasil, sendo essa cultura de produção, presente ainda nos dias de hoje, comprovada pelo fato de a base significativa da economia do país ser movida pela exportação de *commodities* agrícolas, obtidas por meio de extensas monoculturas.

Nesse contexto, o meio ambiente foi ameaçado de forma constante, sendo considerado o corte de árvores de valor agregado, como o pau-brasil, a primeira ação de degradação ambiental ocorrida de forma sistemática e em escala significativa. Vale ressaltar que os cenários de degradação variam ao longo da paisagem, sendo que, na trijunção dos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro, a situação é mais crítica, devido a grandes extensões dos solos desnudos, aos elevados processos erosivos e ao consequente assoreamento dos rios. Acrescenta-se, ainda, o trágico acidente ambiental ocorrido nessa região, ou seja, o estouro da barragem de rejeitos e sedimentos de mineração da empresa Samarco Mineração, ocorrido em Mariana, no ano de 2015, que afetou toda a Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

Em meados do século XX, alguns fatores proporcionaram um grande impulso para haver a interiorização do país, deslocando o foco da ocupação e exploração do Brasil da paisagem dos Mares de Morros para, principalmente, a paisagem do Cerrado. Entre os fatores que facilitaram esse processo, podem-se destacar: o aumento do controle humano sobre os processos naturais; a mecanização e a irrigação da agricultura; o domínio de técnicas específicas para a agricultura tropical; o deslocamento da capital do Rio de Janeiro, localizada nos Mares de Morros, para a cidade de Brasília, localizada no Cerrado, sinalizando a estratégia do governo de privilegiar ações de desenvolvimento agropecuário para regiões mecanizáveis, mais planas e produtivas; a expansão da abertura de estradas em direção às regiões Centro-Oeste e Norte do país.

A mudança do eixo de produção deixou um passivo ambiental para a sociedade que, dificilmente, será equalizado, a Mata Atlântica foi devastada em 93% através de conversão de suas florestas naturais para outros usos desde as primeiras etapas da colonização. (IEF, 2008)

A Aliança para a Conservação da Mata Atlântica⁶ foi criada em 1999 e realiza esforços para a conservação desse bioma. De acordo com dados apresentados pela Aliança, hoje, restam entre 12% e 16% da cobertura florestal original da Mata Atlântica, com apenas 7% em melhor estado de proteção, sendo a

⁶ ALIANÇA para a Conservação da Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.aliancamataatlantica.org.br/?p=47>. Acesso em: 29 mar. 2017.

maior ocorrência em pequenos fragmentos de floresta secundária, conforme a Figura 17, a seguir.

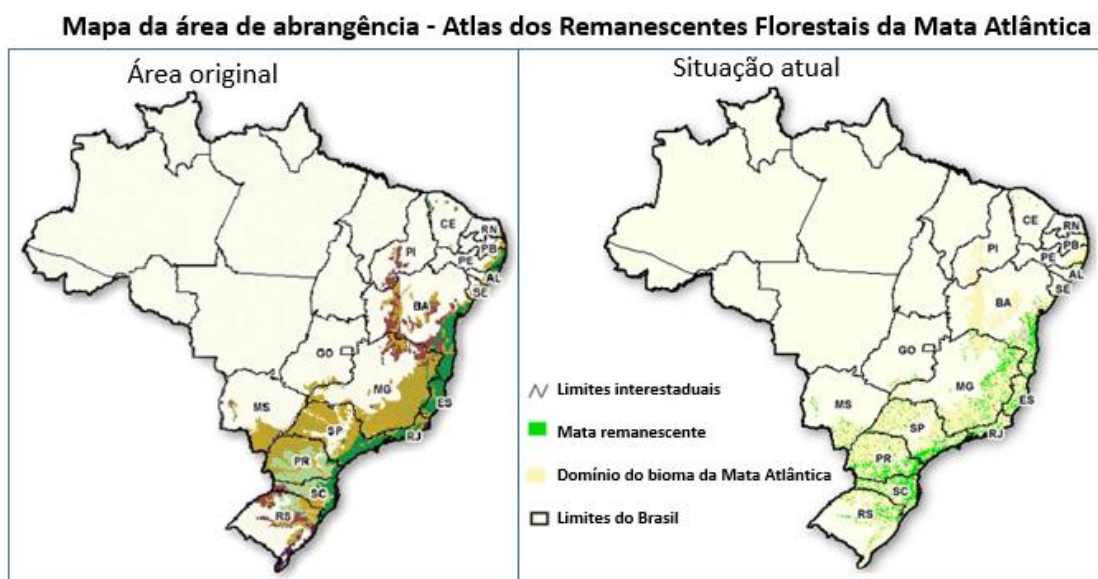


Figura 17: Área do bioma Mata Atlântica e da área florestal remanescente.
Fonte: **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica** (2013-2014) e INPE (2017).

A Figura 17 mostra os dados do levantamento da Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013-2014), publicados no **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**, período 2013-2014. Os resultados revelaram que restam apenas cerca de 12% da paisagem original, sendo que menos de 8% dessas áreas são maiores que 100 hectares.

3.3. A relação do processo de transformação da cobertura do solo com a consequente perda de serviços ecossistêmicos

Esta seção destacará a relação entre a degradação da cobertura do solo e a perda de serviços ecossistêmicos. A proposta deste estudo não tem a pretensão de apresentar uma análise precisa e criteriosa sobre o assunto, mas apontar uma tendência multitemporal da evolução da dinâmica da transformação da paisagem dos Mares de Morros. Ao entender a tendência de transformação da paisagem, o planejamento de ações futuras para sua revitalização se torna mais racional e com maior efetividade, uma abordagem que é corroborada pelos conceitos de ecologia das paisagens praticados por Metzger (2001).

Mittermeier *et al.* (2004) afirmam que a Mata Atlântica é considerada o quinto mais importante *Hotspot* do mundo, título atribuído devido à rápida escalada de degradação de sua rica biodiversidade, relacionada com a perda de cobertura florestal.

Sendo assim, como base comparativa na perda de cobertura da floresta, esta pesquisa se propõe a apresentar uma estimativa de perda dos serviços ecossistêmicos, utilizando-se de uma análise análoga ao modelo da Avaliação Ecossistêmica do Milênio da Organização das Nações Unidas (ONU), a saber: *Millennium Ecosystem Assessment*⁷ (2005). Essa avaliação não se propôs a gerar conhecimentos primários, sua metodologia foi baseada em sistematizar os dados disponíveis, a fim de produzir informações úteis para apoiar o processo de tomada de decisão em busca de um melhor equilíbrio entre as demandas da sociedade e a conservação dos ecossistemas.

Essa metodologia da ONU criou uma classificação para os serviços ambientais com a intenção de “fortalecer a capacidade de manejar os ecossistemas de forma sustentável para o bem da humanidade”. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio foi realizada em parcerias multilaterais das Nações Unidas com diversas instituições, sendo um dos maiores esforços já realizados para a avaliação da saúde dos ecossistemas, preparada por 1.360 pessoas de 95 países, tendo sido inspirada pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)⁸. Dessa forma, a análise da tendência multitemporal da evolução da transformação da paisagem dos Mares de Morros mostra um acentuado processo de modificações na dinâmica estrutural da cobertura do solo dessa paisagem, com expressiva redução e degradação das áreas de florestas tropicais, do bioma da Mata Atlântica, sugerindo a perda dos seguintes serviços ecossistêmicos:

a) Serviços de Provisão: são os produtos obtidos dos ecossistemas, tais como alimentos, água doce, fibras, madeira, princípios ativos e recursos genéticos.

b) Serviços de Regulação: são os benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais, tais como absorção de CO₂ pela fotossíntese das florestas, regulação do clima, controle de enchentes e desastres

⁷ MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.

⁸ IPCC. Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. *Millennium Ecosystem Assessment*. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html> . Acesso em: 5 abr. 2017.

naturais, controle de doenças e pragas, purificação de água, purificação do ar, controle de erosão, controle de doenças e pragas.

c) Serviços Culturais: são os benefícios intangíveis obtidos, de natureza recreativa, educacional, religiosa ou estético-paisagística, tais como espiritualidade, lazer, inspiração, educação e simbolismos.

d) Serviços de Suporte: são os que contribuem para a produção de outros serviços ecossistêmicos, tais como formação do solo, produção primária, ciclagem de nutrientes e processos ecológicos.

Entre os serviços ecossistêmicos mais impactados, destacam-se:

a) O estoque gênico e a biodiversidade: o ecossistema se relaciona de uma forma interdependente; desse modo, quanto maior for a diversidade, maior será a sua estabilidade. Uma vez alterada a dinâmica das comunidades, seja pelo aumento ou pela diminuição de um de seus componentes, a cadeia da pirâmide alimentícia se desequilibra, isso é o que ocorre quando as áreas florestais são cortadas. Somado a esse fator, pode ser citada a tecnologia da agropecuária, que contribui, progressivamente, para haver a diminuição de variedades de plantas e para o aumento do uso de adubos quimicamente refinados e de defensivos agrícolas, agravando, assim, a diminuição da biodiversidade e o estoque de material gênico. (Primavesi, 2009)

b) O ciclo do carbono: o estoque de carbono no solo, no período pré-histórico, era da ordem de 2.000 GtC, sendo que ocorreu uma perda histórica de 534 GtC (equivalente a 267 ppm CO₂ na atmosfera), principalmente atribuída ao desmatamento, à degradação de terras de pastagem e à agricultura. Ao recuperar a cobertura acima do solo, aumenta-se também o volume de raízes abaixo do solo e, desse modo, o carbono volta a ser resgatado da atmosfera de modo mais eficiente. (Buringh, 1984)

c) O ciclo da água: o desmatamento provoca uma imediata ineficiência no ciclo da água, a perda de vegetação tem consequências acima do solo (caules, troncos, folhas, cipós, entre outros) e abaixo do solo (sistema radicular das plantas). Essas estruturas vegetais diminuem a velocidade de escoamento superficial da água da chuva, assim como o processo de evapotranspiração, contribuindo para a maior qualidade da água, maior taxa de infiltração no solo e recarga dos mananciais. (Icraft, 2016)

d) O solo: da mesma forma citada anteriormente, a cobertura do solo auxilia na menor velocidade de escoamento de água da chuva; ela também realiza uma importante função de agregador das partículas componentes do solo (areia, silte, argila, matéria orgânica, entre outros), diminuindo a erosão e a lixiviação do solo. (Resende, 2016)

e) Os extremos climáticos: a humanidade se tornou dominante sobre o planeta, a pegada ecológica atual impôs a acelerada mudança de paradigmas, forçando a Terra a limites geofísicos, que estão cruzando a manutenção da sustentabilidade. Entre esses limites, pode ser citada a perda de vastas áreas de florestas tropicais. O desmatamento praticado de forma predatória vem causando a redução da quantidade e da qualidade de água disponível, aumentando a temperatura, ocasionando mudanças no regime de chuvas, causando enchentes e outros extremos climáticos. (Rockström, 2015)

f) O bem-estar: no texto intitulado “Entre a geografia e a ética”, Besse (2014) descreve a relação entre a paisagem e o bem-estar individual, sendo assim, as necessidades e responsabilidades referentes à paisagem são de ordem política, social, simbólica, afetiva, espiritual e ética. O autor, desta vez, em outro texto intitulado “As cinco portas da paisagem”, reforça a paisagem através de cinco itens-chave, sendo um desses: “uma apresentação cultural e social”. Na interpretação dos dois textos de Besse, a transformação da paisagem pode levar a sociedade a conviver com uma nova realidade, fabricada pela ação do homem, que represente uma perda de qualidade de vida em relação à situação anterior.

Entre os outros muitos serviços ambientais que a floresta realiza, destacam-se: melhora do microclima, obtido por meio da diminuição da temperatura e aumento da umidade; função de quebra-vento; favorecimento da polinização realizada pela fauna; oferta de matéria-prima para remédios, cosméticos e muitos outros produtos.

3.4. O papel da atividade humana como vetor da degradação ambiental e sua consequente herança para a paisagem

Segundo Martineli e Moraes (2013), o número de espécies avaliadas para o **Livro vermelho da flora do Brasil**, que relaciona as espécies com risco de extinção, é de 3.595, sendo 1.544 o número de espécies e plantas ameaçadas. Entre as causas para a perda do *habitat* e da degradação do bioma, os autores informam que a agricultura responde por 36,1%, a infraestrutura e os planos de desenvolvimento por 23,5%, o uso de recursos naturais por 22,3%, o fogo causado por pessoas (11%), sendo os restantes (7,1%) atribuídos a vários fatores de menor expressão.

Pinheiro (2013) informa que, para pesquisar três espécies ameaçadas da flora pertencentes ao Bioma da Mata Atlântica, percorreu uma significativa parte da paisagem dos Mares de Morros. O autor enfatiza que presenciou a ocupação e o uso do solo de forma danosa, com grande impacto do uso do fogo como uma técnica para preparo da terra para a agricultura e pecuária, causando uma degradação constante da vegetação nativa, principalmente das espécies mais exigentes.

Um bom relato sobre a ocupação da Mata Atlântica pelo homem e sua rápida degradação é descrita por Oliveira (2015, p. 284) do seguinte modo:

Assim, em relação à composição dos ecossistemas florestais, considera-se que os processos históricos de ocupação do território da Mata Atlântica tenham alterado severamente os padrões de diversidade atual deste bioma. Áreas abandonadas e anteriormente submetidas à tradicional prática de agricultura de coivara mostram, de uma maneira geral, uma redução no número de espécies de porte arbóreo ou arbustivo.⁹

Bergallo *et al.* (2009) citam alguns motivos para a degradação ambiental e a perda de cobertura florestal na paisagem dos Mares de Morros, tais como a incidência de espécies exóticas, o turismo desordenado, o extrativismo predatório, o conflito entre comunidades tradicionais e as propostas de zoneamento de Unidades de Conservação com a retirada da mata para cultivos. Segundo Pinheiro (2013), a paisagem ainda sofre com a incidência de queimadas, desmatamentos,

⁹ OLIVEIRA, R. R. Fruto da terra e do trabalho humano: paleoterritórios e diversidade da Mata Atlântica no Sudeste brasileiro. **Revista História Regional**, Ponta Grossa, v. 20, n. 2, p. 277-299, nov. 2015.

extrativismo vegetal ilegal e possui muitas áreas degradadas e com grande incidência de impactos por estarem próximas a pastos. Moraes (2009) afirma que a principal causa dos incêndios está diretamente relacionada com as práticas de manejo do solo inadequadas, sendo, muitas vezes, realizados por proprietários locais, utilizando-se do fogo para a limpeza de terrenos. Aximoff e Rodrigues (2011) complementam que foram relatados 323 incêndios no Parque Nacional de Itatiaia, em um período de 36 anos não consecutivos (1937-2008).

A maioria dos incêndios é causada pela ação do homem e ocorre, principalmente, nos meses mais secos, uma vez que incêndios causados por raios são raros. Devido à ocorrência frequente de fogo, não tem havido tempo suficiente para a resiliência do sistema, levando à perda de *habitat*.

A busca pelo entendimento da ecologia histórica é descrita por Solórzano, Oliveira e Bruni (2009) como a necessidade de entender e explicar as características dos ecossistemas e das paisagens a partir de legados históricos da atividade humana. Esse pensamento encontra uma simetria com a obra de Russel (1997), que mostra a necessidade de se entender o passado, suas mudanças, para prever e ajustar o futuro.

A paisagem pode ser vista como uma marca, ou também como uma matriz. Assim, uma atividade do homem sobre o planeta pode ser considerada uma marca em uma escala de espaço-tempo específica, mas, quando a escala é alterada, abrangendo um período maior, ela pode ser considerada uma matriz. (Berque, 1998)

Segundo Cosgrove (1998), essa matriz de mudança, muitas vezes, é conduzida por uma cultura dominante, que determina o objetivo e a forma de controle dos meios de vida e recursos naturais de que o planeta dispõe. Essa cultura dominante pode ser identificada nos movimentos de exploração dos países mais ricos sobre os mais pobres, nas multinacionais, que instalam suas fábricas em países de legislação mais permissiva, a fim de poderem continuar a degradar o meio ambiente, entre outros.

Pode-se extrair dos argumentos apresentados o entendimento de que a humanidade altera o meio, criando um legado, uma herança, uma dinâmica de ações sobre os ecossistemas com as quais ela própria terá de lidar. Esses fatos contribuem para o entendimento de que os ecossistemas vêm perdendo sua resiliência, fato atribuído ao atual estilo de vida e ao padrão de consumo das pessoas, que não

contabilizam os custos da degradação e, assim, acumulam um grande passivo ambiental.

A matriz de degradação hegemônica vem exercendo sua marca e legado sobre a paisagem dos Mares de Morros durante os últimos 5 séculos, fazendo a reversão/revitalização desse cenário/realidade um complexo desafio. A ciência da Ecologia da Paisagem atua, sobretudo, na equalização desses conflitos entre a sociedade e o meio ambiente, recorrendo a um extenso arcabouço de alternativas inter e transdisciplinares, integrando pesquisas com foco reducionista a um contexto mais holístico e integrado. (Metzger, 2001, p. 7)

Para esta revisão bibliográfica, foram utilizados dados do mapeamento de cobertura e uso do solo do Bioma da Mata Atlântica, devido à dificuldade de se encontrar dados de cobertura do solo específicos para a paisagem dos Mares de Morros e associado ao fato de que essa apresenta grande sobreposição com a Mata Atlântica. Destaca-se, neste estudo, a importância para que sejam realizados futuros mapeamentos específicos para a paisagem dos Mares de Morros, proporcionando maior precisão dos dados. De forma empírica, pode-se esperar que os resultados obtidos por esta revisão sejam os mesmos para a área core dos Mares de Morros. Dessa forma, a revisão realizada nesta pesquisa demonstra que a dinâmica do histórico de ocupação da paisagem geográfica dos Mares de Morros pelo homem proporcionou um legado com severa degradação e perda dos serviços ecossistêmicos.

4.

A pecuária brasileira

Há uma preocupação crescente em diminuir a fome, as desigualdades sociais e de mitigar o impacto das atividades humanas em todos os segmentos, podendo-se citar, entre alguns exemplos, a indústria, o comércio, o turismo, a produção de alimentos e de matéria-prima. As ações acontecem em diversas frentes, como a diminuição do consumo da água e sua reutilização, reciclagem, tratamento de dejetos, fontes de energia renovável, diminuição da emissão de gases do efeito estufa, preservando florestas nativas, entre outros. Desde o ano de 1992, a Organização das Nações Unidas (ONU), nos capítulos 4 e 5 do documento da Agenda 21 Global, formalizou a necessidade de reversão do padrão de consumo da sociedade e da dinâmica do crescimento demográfico. Guimarães (1997) informa que o crescimento demográfico deve observar a capacidade de carga e de recuperação dos ecossistemas. Nessa perspectiva, a sustentabilidade demográfica torna-se um dos fatores a serem controlados para a mitigação dos impactos ambientais.

No que diz respeito à produção agrícola, existe a necessidade de ajustes no processo de governança mundial do setor, a fim de se obter uma distribuição mais equânime de alimentos e de renda para todos os habitantes do planeta. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o mundo produz comida suficiente para que todas as pessoas tenham uma nutrição equilibrada, sendo a fome causada pela inadequada e desigual distribuição dos alimentos. (FAO, 2015)

A busca do equilíbrio na produção de alimentos e matéria-prima abrange todos os segmentos do agronegócio brasileiro e, no que diz respeito à pecuária, muitos impactos ambientais são atribuídos à produção de leite, carne e seus derivados. Na base de sua pujante pecuária, o Brasil tem o sistema de monocultura extensiva de produção, devido à sua grande extensão de terras distribuídas em clima tropical, com bons solos, temperatura elevada e boa distribuição de chuvas. (Assad, 2016).

4.1. A pecuária extensiva convencional em monocultura

As condições da pecuária extensiva brasileira seriam ideais para a diversificação da produção e obtenção de uma pegada ecológica mais equilibrada, porém, o manejo inadequado da pastagem e do rebanho limita, drasticamente, o potencial da geração de mais postos de trabalho no campo, a distribuição da renda e o equilíbrio ambiental. Os custos sociais e ecológicos variam de acordo com o sistema produtivo adotado, sendo que diferenças de intensidade no uso dos recursos naturais podem ser observadas. Entre os maiores impactos, pode ser citada a degradação das pastagens e dos solos, o desequilíbrio do ecossistema e a perda de biodiversidade. (Araujo, 2010)

O estudo da dinâmica entre a relação do homem com o planeta é estratégico para o aprendizado de novas técnicas de produção e de utilização dos recursos naturais. Essas técnicas devem ser pautadas pela diminuição das desigualdades sociais, da melhora da resiliência dos ecossistemas e pela manutenção da biocapacidade da Terra. Seguindo essa lógica, este capítulo tem como objetivo revisar o SSP, considerado como uma técnica sustentável para a melhoria da pecuária tropical brasileira, sob a luz de debates que envolvam o conceito geográfico de espaço e de suas externalidades.

A ação intencional do homem sobre os ecossistemas, ou seja, a técnica utilizada, em especial, durante o período do Antropoceno, está causando a ruptura de limites da capacidade de resiliência do planeta, o que representa não somente um maior risco para a segurança alimentar de sua população, mas também agrava a crise ambiental e os extremos climáticos. A humanidade ultrapassou a fronteira da segurança necessária para manter a biocapacidade do planeta, com destaque para o elevado estágio de atenção para sistemas de mudança na cobertura e uso do solo, para a maior ocorrência das crises climáticas e acidificação dos oceanos. Esses fatos, em conjunto, produzem um risco sistêmico para a vida do homem na Terra. (Rockström, 2015)

No que diz respeito à mudança de cobertura e ao uso do solo brasileiro, durante todo o período colonial e até o tempo atual, o modo de produção utilizado deixou como herança grandes áreas com elevado estágio de degradação. A Mata

Atlântica foi devastada em 93%, através de conversão de suas florestas naturais para outros usos desde as primeiras etapas da colonização. (IEF, 2008).

O modelo de produção vigente no planeta foi construído sob a premissa de que a capacidade de produção da natureza era infinita. Nesse modelo capitalista, o crescimento do PIB deve ocorrer, a fim de se evitar a recessão ou o colapso do sistema econômico. Mas, ao contrário do que se esperava, a capacidade da natureza em atender às demandas da sociedade se mostrou limitada e finita.

Nessa perspectiva, o sistema caminha para o acirramento da crise ambiental, com esgotamento do capital natural mais rápido do que sua capacidade de renovação (Guimarães, 1997). O autor segue em sua narrativa afirmando que, entre os vários conceitos de sustentabilidade existentes, uma das formas de obtenção de um maior equilíbrio seria a redução do processo de entropia das ações do homem, sobretudo na indústria. A solução seria alcançada com o desenvolvimento de sistemas de produção que privilegiassem a conservação da energia, ou seja, a sintropia.

A diversificação da produção, que ocorre com a migração dos sistemas de monocultura para as agroflorestas, como é o caso do Sistema Silvipastoril, que é acessível e democrático, é indicada para todos os tamanhos e perfis de produtores rurais. Além disso, é responsável pela geração de empregos, reversão do êxodo rural, estabilidade econômica e diminuição dos riscos associados à atividade, entre outros¹⁰. Nesse contexto, faz-se necessário que os processos e as ações do homem sobre a natureza sejam revisados sob a perspectiva da obtenção de uma harmonia e equilíbrio entre as demandas da sociedade e a natureza. (Primavesi, 2009)

Os impactos da pecuária extensiva tropical brasileira mais significativos podem ser atribuídos ao “superpastoreio”, ou seja, uma carga de animais maior do que a capacidade de suporte da pastagem. Somado a isso, temos: o uso de técnicas de formação de pastagens inadequadas e que não proporcionam a conservação dos solos, o pastoreio contínuo, o pisoteio excessivo, entre outros. Esses impactos causam alterações na estrutura superficial do solo e debilitam o metabolismo da vegetação do pasto, desencadeando um processo de degradação ambiental e perda de produtividade (Araujo, 2010), conforme mostra a Figura 18 a seguir.

¹⁰ ILPF. **Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF) em números**. Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Embrapa, 2016.



Figura 18: A pecuária convencional degradada.
Fonte: Pedreira (2015).

A Figura 18 apresenta, no lado esquerdo, uma área de pastagem bem manejada; já no lado direito, aparece uma pastagem com manejo inadequado, acarretando um elevado estágio de degradação.

Outro impacto ambiental que chama muita atenção é a elevada emissão de gás metano, realizado durante o processo digestivo dos animais, que contribui com, aproximadamente, 22% do volume de metano emitido no agronegócio do país, sendo que a emissão desse gás de efeito estufa se dá inversamente proporcional à produtividade do sistema¹¹.

Agravando o quadro da pegada ecológica, segundo Vilela (2001) e Macedo (1995), aproximadamente 50% das pastagens brasileiras se apresentam com algum estágio de degradação. Já para a Embrapa, em seu DOCUMENTO 189, esse número pode atingir 70% dos 173 milhões de hectares de pastagens que apresentam algum estágio de degradação. Portanto, as terras da pecuária extensiva tropical brasileira, em sua maior parte, estão se tornando um espaço de baixa eficiência em

¹¹ EMBRAPA MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://webmail.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=agrog:::85>. Acesso em: 22 maio, 2017.

relação ao potencial de produtividade *versus* os custos ambientais, compondo, dessa forma, a maior área antropizada e degradada do país.

Com as pastagens em declínio, os indicadores de produtividade média do país estão muito abaixo do potencial, ocasionando, portanto, uma capacidade de suporte menor do que 0,75 cabeças/ha (Assad, 2016). Strassburg *et al.* (2014) enfatizam que uma intensificação sustentável pode ser o ponto-chave para a busca de uma melhor harmonia entre os sistemas produtivos e os ecossistemas. Os autores assinalam que as pastagens têm um aproveitamento de, aproximadamente, 33% de seu potencial; por conseguinte, uma melhora para 50% de utilização do potencial produtivo seria suficiente para atender à demanda crescente até o ano de 2040, sem necessidade de expansão da área produtiva.

Se, de um lado, a baixa produtividade da pecuária extensiva convencional diminui o potencial de lucro da atividade, proporcionando menos postos e piores condições de trabalho, por outro lado, agrava a sua pegada ecológica devido à necessidade de mais terras e um maior volume de animais para suprir a demanda do mercado consumidor. Dessa forma, boa parte da pecuária extensiva tropical brasileira tem reproduzido um modelo de vórtice, ou matriz, de degradação, que funciona com a seguinte lógica:

1º ciclo: a pecuária extensiva se instala em determinada região – forma novas pastagens – segue-se com a má-formação dos sistemas produtivos e com o manejo inadequado das pastagens e dos animais – a pastagem e a terra se degradam em uma velocidade de curto prazo – as terras, antes produtivas, entram em estágio de degradação e de baixa produtividade – ocorre a demanda por novas áreas de produção ou pela reforma da pastagem.

2º ciclo: inicia-se com a reforma da pastagem ou a procura por novas áreas de produção – a nova pastagem é introduzida – e assim sucessivamente, seguindo o caminho de degradação.

A Figura 19, a seguir, mostra, em detalhes, as fases de degradação das pastagens atribuídas ao manejo inadequado das pastagens.



Figura 19: Esquema de perda de produtividade e degradação ambiental nas pastagens.
Fonte: Macedo (1999).

Parte das fases de degradação das pastagens são ilustradas a seguir, com fotografias retiradas durante os trabalhos de campo desta pesquisa, na BHRP, área de estudo desta investigação (com exceção da Figura 23, proveniente de outra bacia hidrográfica). A Figura 20 apresenta a perda de matéria orgânica, o vigor e a produtividade da pastagem; seguida pela Figura 21, que mostra o aparecimento das invasoras; a Figura 22 mostra a perda de cobertura e a compactação do solo; e a Figura 23 mostra a degradação de escala com o aparecimento dos processos erosivos.



Figura 20: A perda de matéria orgânica, o vigor e a produtividade da pastagem da área de estudo da pesquisa.

Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 21: O aparecimento das invasoras na pastagem da área de estudo da pesquisa.

Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 22: A perda de cobertura e compactação do solo na pastagem na área de estudo da pesquisa.

Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 23: A degradação do solo e o aparecimento dos processos erosivos.

Fonte: Pedreira (2014).

Devido à abundância de terras do país e à falta de conscientização e profissionalização dos pecuaristas, esse modelo tem sobrevivido ao longo de séculos, deixando a herança de uma matriz extrativista-entrópica, que sistematiza, em grande escala, o esgotamento dos recursos naturais, a decadência econômica do setor, a piora das condições sociais e de emprego da comunidade em seu entorno.

Assad (2016) descreve a concentração de terras degradadas no Brasil, conforme mostra o seguinte mapa na Figura 24:

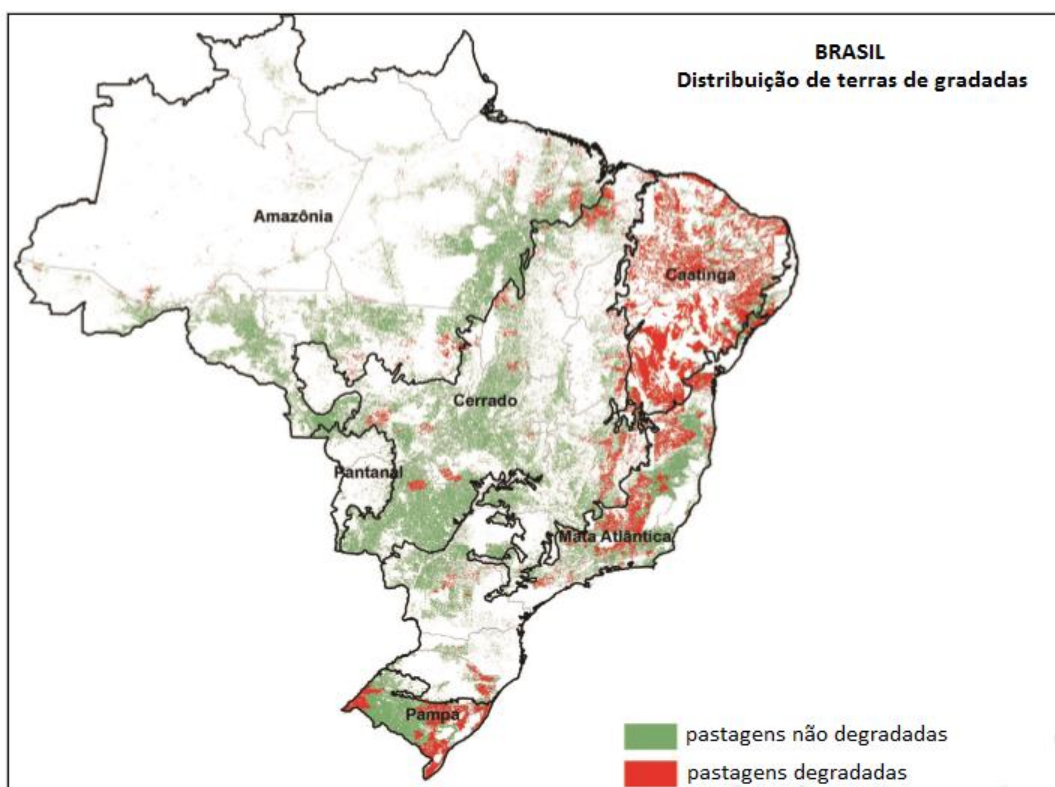


Figura 24: Mapa da distribuição das terras degradadas no Brasil.
Fonte: Assad (2016).

A Figura 24 apresenta, em vermelho, as terras e pastagens degradadas, sendo as paisagens geográficas da Caatinga e dos Mares de Morros as mais impactadas, seguidas pelas Pradarias (ou Pampas Gaúchos).

Pode-se afirmar que o legado de degradação atribuído à pecuária segue o fluxo histórico da ocupação das terras brasileiras, que ocorreu, primeiro, ao longo da faixa litorânea do país, no período dos séculos XVI, XVII, XVIII e XIX. Com a interiorização do país, a expansão da pecuária se deslocou para o cerrado, no século XX e, atualmente, desloca-se para a região amazônica ao norte do país.

4.2. O uso do solo

Ao analisar a pecuária tropical brasileira, observa-se que o país possui um dos maiores rebanhos de bovinos do mundo, ultrapassando 200 milhões de animais; por isso, está se consolidando como um dos grandes exportadores de proteína animal (Assad, 2016). Esse tipo de modelo extrativo-agro-exportador valoriza o recurso natural somente pela sua função econômica, reforçando o paradigma territorial hegemônico, que considera o espaço como um substrato a ser explorado. (Haesbaet, 2014)

A Figura 25 apresenta a distribuição e o uso de terras na agropecuária brasileira, sendo 87,69% destinados à pecuária.

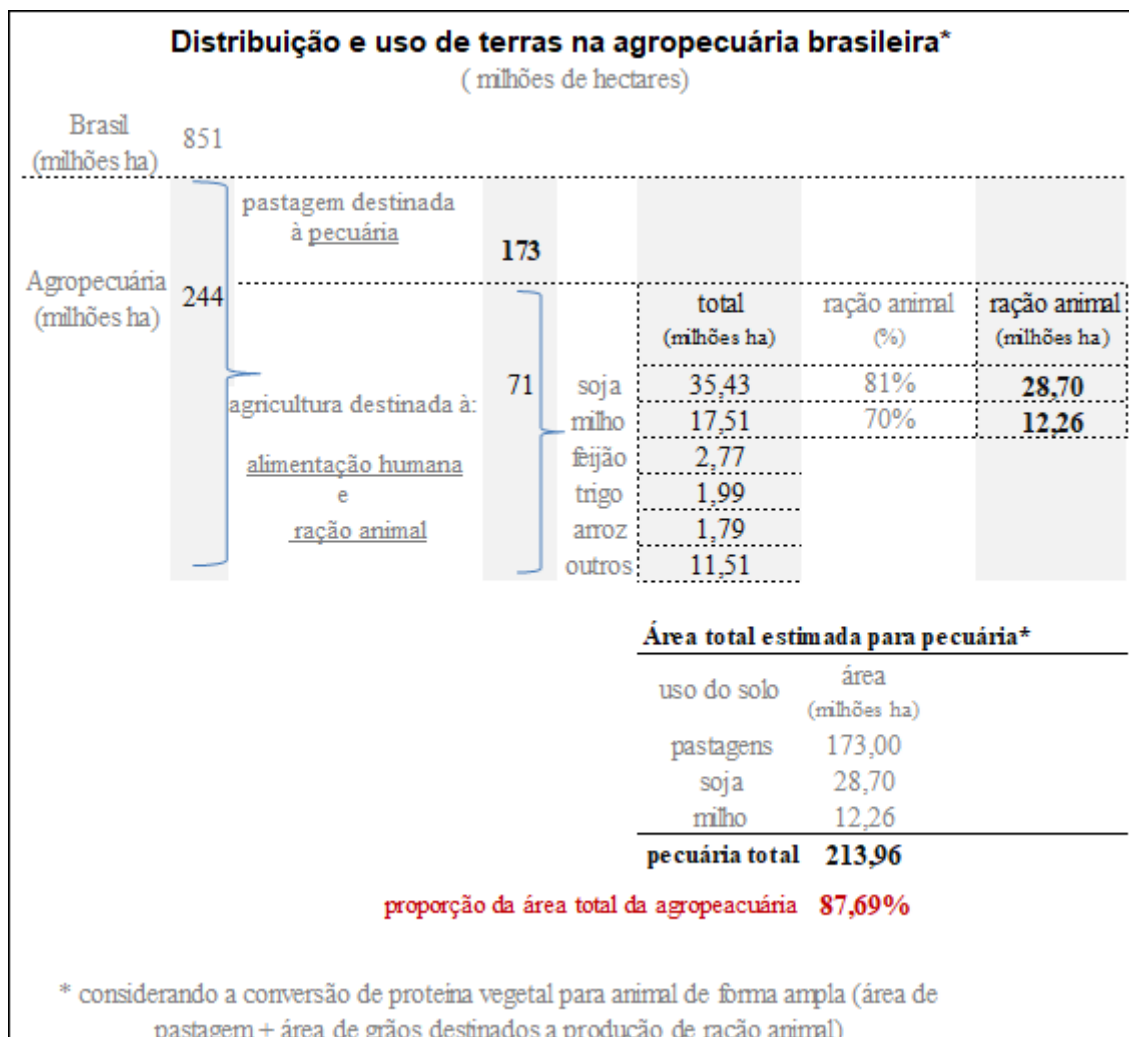


Figura 25: Distribuição e uso de terras na agropecuária brasileira.

Fonte: Autoria própria (2018).

A seguir, são apresentadas as fontes que possibilitaram a elaboração da Figura 25, apesar das ressalvas apresentadas a seguir e reconhecendo que a

complexidade da pecuária brasileira é grande demais para ser descrita no detalhe e no conjunto em um só capítulo desta pesquisa. A intenção aqui foi fazer uma primeira aproximação da visão do conjunto, que possa propiciar uma visão panorâmica do setor, sendo que futuros estudos devem ser conduzidos para que esses dados sejam refinados.

Segundo informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a totalidade da extensão territorial do Brasil é de 851 milhões de hectares (ha), dos quais 244 milhões, ou 28,67%, são destinados à agropecuária, sendo: 173 milhões destinados às pastagens (Documento 189 da Embrapa) e 71 milhões são destinados à agricultura. (Brasil, 2017)

O total da área destinada à agricultura subdivide-se da seguinte forma: 35,43 milhões de ha para a soja; 17,51 milhões para o milho; 2,77 milhões para o feijão; 1,99 milhão para o trigo; 1,79 milhão para o arroz, e o saldo remanescente para outras culturas. (Mapa, 2017)

De acordo com informações da Associação dos Produtores de Soja do Brasil (Aprosoja), cerca de 79% da produção nacional é destinada à produção de ração animal; já no cenário global, o *World Wildlife Fund* (WWF) informa que há um percentual de 81% da soja mundial sendo destinada para a mesma finalidade. No que diz respeito ao milho, a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec) esclarece que 70% da produção mundial são destinadas à ração animal.

Vale ressaltar que uma parte da produção de milho e soja é destinada à pecuária de outros setores que não seja o bovino, com proeminência para a cadeia produtiva do frango, porco e peixe, todos esses destinados à produção de proteína. Independente desse fato, pode-se ter uma boa noção da matriz de uso do solo brasileiro pela agropecuária, a qual utiliza, aproximadamente, 87,69% de suas terras para a produção de proteína animal.

4.3. O confinamento de animais

O confinamento de animais se apresenta como outra possibilidade de fazer a produção de carne e leite, na qual os animais são mantidos em um espaço restrito, sendo que a água e a alimentação são fornecidas em cochos. A fonte nutricional dos animais é proveniente da produção agrícola, sendo a soja e o milho a base da dieta, que pode ser complementada com cana-de-açúcar, casca de cereais, entre outros.

Diferentemente dos confinamentos em países de clima temperado, nos quais os animais são mantidos a maior parte do ano nesse sistema restrito, o confinamento no Brasil se concentra nos meses de inverno, quando a produção das pastagens declina devido à diminuição da temperatura e à escassez de chuva. A idade dos animais enviados para esse sistema nos países tropicais é mais elevada, sendo utilizado, geralmente, nos meses finais de acabamento para a cadeia produtiva da carne e somente para as vacas que estão em lactação, na cadeia produtiva do leite. O restante da criação ocorre em pastagens abertas de campo.

Para a devida interpretação da pecuária, é preciso que haja um afastamento, na busca de uma visão panorâmica e holística, necessária para abordar tamanha complexidade de fatores multidisciplinares. Woods *et al.* (2010) evidenciam a relação que a pecuária possui com o segmento da energia e dos combustíveis fósseis. Em todo o ciclo de vida dos grãos destinados ao suprimento dos confinamentos, nota-se a elevada dependência energética para a sua produção. Apresentam-se alguns exemplos: na utilização de semente, adubos e outros insumos; a automação dentro das fazendas é realizada com a utilização de tratores e demais implementos de manejo e tratos culturais; a logística é realizada, majoritariamente, por caminhões movidos a óleo diesel; e o armazenamento dos grãos é feito em modernos silos com temperatura e umidade regulada.

Quando comparada com a prática do confinamento, a pecuária extensiva, se bem praticada, proporciona um menor uso de combustíveis fósseis, menor geração de gases de efeito estufa e menor pegada ecológica.

4.4. Balanço de energia da proteína animal e da proteína vegetal

Através da fotossíntese, a energia solar é capturada e armazenada pelas plantas. Entre os níveis tróficos da cadeia alimentar, as plantas utilizam parte da energia para seu crescimento e metabolismo, a parte residual é repassada para o nível trófico superior.

Na dinâmica da pecuária, a cadeia trófica é formada pelas plantas (produtores), pelo gado (consumidor primário) e pelo homem (consumidor secundário). A seguir, a Figura 26 mostra a transferência de matéria e energia entre os três níveis tróficos mencionados, nota-se que, a cada nível trófico, ocorre uma perda de aproveitamento, ou balanço.

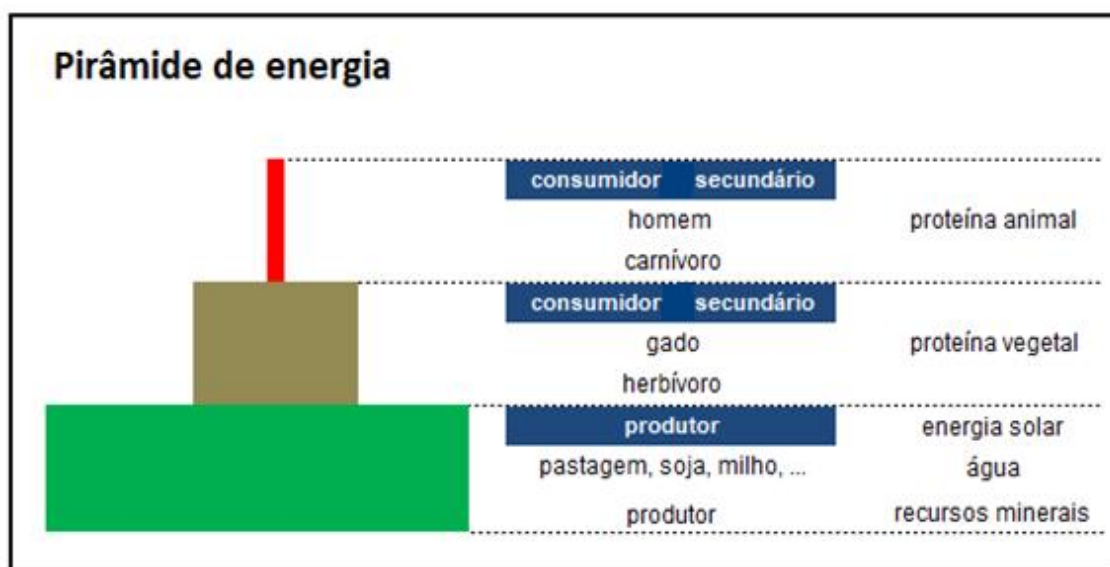


Figura 26: Pirâmide de energia da pecuária.
Fonte: Resende (2018).

De acordo com a Figura 26, a cada nível trófico, ocorre uma perda de energia. Dessa forma, quanto maior o nível trófico, maior é a demanda por energia de entrada. Basicamente, a nutrição do ser humano, dos animais e das plantas é provida, por um *mix* de proteína e energia. A proteína e a energia podem ser de origem animal, como é o caso do leite e da carne, ou vegetal, como é o caso da soja e do milho. Quanto mais esse *mix* tender para a proteína animal, maior será a demanda energética e a pegada ecológica envolvida.

Esta subseção de capítulo não tem a pretensão de dominar ou exaurir a argumentação do ponto de vista nutricional e energético, tampouco, busca apontar

a melhor forma de alimentação para a sociedade (proteína animal ou vegetal), mas pretende apresentar uma visão global/panorâmica da dinâmica entrópica da pecuária nacional, no que tange à degradação ambiental e à baixa eficiência energética da cadeia produtiva. Contexto esse que implica consequências positivas e negativas, dependendo da matriz de produção da proteína adotada (animal ou vegetal). Se bem praticada, a pecuária extensiva ou a pasto apresenta menor pegada energética e ecológica quando comparada com a prática de criação de animais confinados.

Guimarães (1997) apoia o entendimento de que os princípios das Leis da Termodinâmica podem ter um papel mais amplo nos sistemas de produção de alimentos. A conservação da energia aparece, assim, através do equilíbrio e da conservação de todo o ecossistema, a parte que gera o alimento propriamente dito e a parte que garante a biodiversidade, a reciclagem e a recarga dos recursos naturais. Assim, a partir desse entendimento, o Sistema Silvipastoril mostra que é possível fazer a transição da pecuária convencional entrópica, para um sistema sintrópico, que, além de conservar a energia, também atua para um balanço emergético mais eficiente, representado a seguir, na Figura 27.

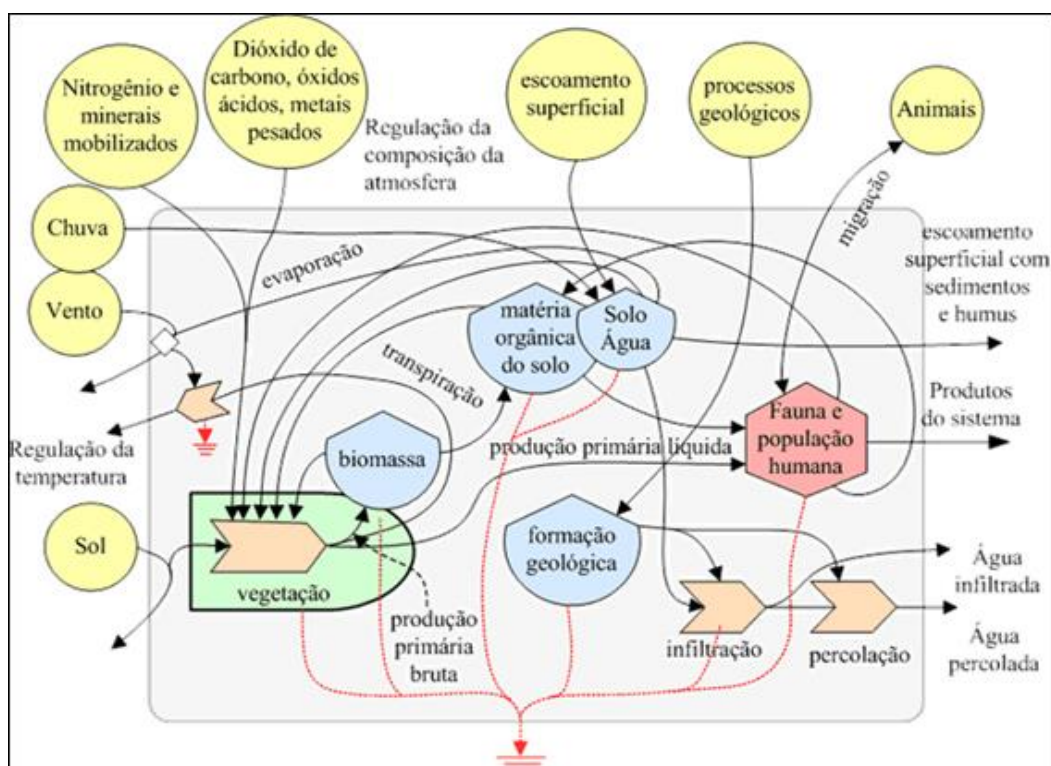


Figura 27: Diagrama que mostra o funcionamento de um ecossistema.
Fonte: Ortega et al. (2009).

A Figura 27 mostra a complexidade do diagrama de funcionamento de um ecossistema, sendo que o Balanço de Emergia diz respeito, além da conservação da energia, a um melhor equilíbrio de todos os itens mostrados anteriormente. (ORTEGA *et al.*, 2009)

A análise da Figura 27 revela que o Sistema Silvipastoril possui eficiência em seu Balanço de Energia e Balanço de Emergia, ao mesmo tempo, ou seja, além de conservar a energia, também contribui para a ciclagem eficiente de nutrientes, o aumento de matéria orgânica do solo, a menor pegada hídrica, entre outros.

5.

O Sistema Silvipastoril como técnica sustentável para melhorar o uso do espaço

O Sistema Silvipastoril e suas externalidades: em resposta ao desafio de mudar o atual modo de produção e a utilização dos espaços de produção de alimentos, várias propostas sustentáveis são apontadas por especialistas para que as áreas degradadas voltem a produzir com balanço ambiental aceitável. Entre elas, destaca-se o arranjo produtivo agroflorestral, que, ao integrar as duas ou mais atividades em um mesmo espaço, sugere a obtenção de uma proposta mais racional para a conservação do meio ambiente.

Sistemas agroflorestais são formas de uso ou manejo da terra, nos quais se combinam espécies arbóreas (frutíferas e/ou madeiras) com cultivos agrícolas e/ou criação de animais, de forma simultânea ou em sequência temporal e que promovem benefícios econômicos e ecológicos. Os sistemas agroflorestais ou agroflorestas apresentam como principais vantagens, frente à agricultura convencional, a fácil recuperação da fertilidade dos solos, o fornecimento de adubos verdes, o controle de ervas daninhas, entre outras coisas.¹²

No Brasil, são praticados dois tipos de Sistemas Agroflorestais integrados com a pecuária, a saber: Sistemas Silvipastoris, que combinam árvores, pastagens e animais; Sistemas Agrossilvipastoris, que combinam árvores, pastagens, animais e cultivos agrícolas.

Conforme já mencionado, este capítulo se dedicará a explorar somente o Sistema Silvipastoril, classificado pelo Governo Federal como uma Atividade de Economia de Baixa Emissão de Carbono e integra o Plano ABC – Agricultura de Baixo Carbono ou Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas. O Brasil assumiu um compromisso voluntário de reduzir suas emissões de gases do efeito estufa entre 36,1% e 38,9 até 2020 e, para isso, criou uma série de incentivos, a fim de que essa prática seja

¹² CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS – Polo de Excelência em Florestas. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=sistemas>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ampliada, além de passar para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária o compromisso de liderar o desenvolvimento de tecnologias de produção sustentável no campo¹³.

Sistema Silvipastoril (SSP) é a combinação intencional de árvores, pastagem e gado numa mesma área ao mesmo tempo e manejados de forma integrada, com o objetivo de incrementar a produtividade por unidade de área. Nesses sistemas, ocorrem interações em todos os sentidos e em diferentes magnitudes. Os SSPs apresentam grande potencial de benefícios econômicos e ambientais para os produtores e para a sociedade. São sistemas multifuncionais, onde existe a possibilidade de intensificar a produção pelo manejo integrado dos recursos naturais evitando sua degradação, além de recuperar sua capacidade produtiva.¹⁴

Pode-se nomear o Sistema Silvipastoril como um modo de produção sustentável, com uso racional do espaço e dos recursos naturais. Essa afirmação é respaldada pela descrição dos vários Serviços Ambientais que ele realiza, tais como: a redução da pressão nas matas nativas, devido à oferta de madeira renovável para serraria; a melhora na produtividade por hectare, demandando menos área para produção de alimentos e menor impacto sobre os ecossistemas; corredores de contato mais harmônicos entre fragmentos florestais nativos; o favorecimento da polinização realizada pela fauna; a melhora do microclima e do bem-estar animal, obtido por meio da diminuição da temperatura dentro do sistema, atribuído ao sombreamento homogêneo; a função de quebra-vento; a menor velocidade de escoamento superficial da água da chuva, favorecendo maior taxa de infiltração de água no solo e aumento da recarga do lençol freático, além de potencializar a produção de água nas nascentes; a conservação do solo, pois reduz a ocorrência de processos de erosão e lixiviação; a fixação de carbono adicional no solo, abrandando o balanço das emissões de gases de efeito estufa. (Resende, 2016)

A seguir, a Figura 28 mostra a pecuária em pastagem degradada e sem a integração do componente florestal (no lado esquerdo). No lado direito, aparece o pasto com as árvores do Sistema Silvipastoril. Já a Figura 29 mostra a importância de uma árvore para a pecuária a pasto, onde o conforto térmico proporcionado aos

¹³ PLANO ABC – Agricultura de Baixo Carbono. MMA. 2012.

¹⁴ EMBRAPA FLORESTAS. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/>. Acesso em: 15 fev. 2017.

animais pelo sombreamento do sistema produtivo melhora o bem-estar e a produtividade dos animais. Observa-se, nessa imagem, a harmonia entre os três componentes: pastagem, árvores e animais.



Figura 28: Monocultura x Silvipastoril.
Fonte: Almeida (2016); Gomes *et al.* (2011).



Figura 29: A importância de uma árvore para a pecuária.
Fonte: Rivera (2016); Porfírio-da-Silva (2009).

A Figura 30 mostra o plantio das árvores em curvas de nível na paisagem dos Mares de Morros; essa distribuição auxilia o sistema a diminuir a velocidade de escoamento superficial da água das chuvas. Assim, ao cair mais devagar, a infiltração de água no solo fica mais eficiente e diminui o processo de erosão. Novamente, é possível verificar a harmonia da interação para toda a paisagem envolvida e não somente para as atividades dentro do sistema produtivo (animais, árvores e pastagem). A prática da pecuária de corte e produção florestal é uma experiência de sucesso realizada na paisagem dos Mares de Morros há mais de uma década, podendo-se citar, como exemplo, entre outras, a Fazenda Triqueda, localizada na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. (Resende, 2016)



Figura 30: As curvas de nível do Sistema Silvipastoril.
Fonte: Autoria própria (2015).

O Sistema Silvipastoril se aplica tanto para a pecuária de corte quanto para a produção de leite, sendo capaz de neutralizar significativa parcela das emissões de gases do efeito estufa através da integração do sistema produtivo com as florestas plantadas. No que diz respeito à lucratividade, o Sistema Silvipastoril tem possibilidade de incrementar a receita líquida por hectare de forma significativa. (Resende, 2016)

A seguir, são apresentadas informações consolidadas, as quais foram obtidas a partir da revisão bibliográfica para elaboração deste capítulo no Quadro 1, a seguir. Ele mostra o incremento de serviços ambientais atribuído à conversão de um sistema de pecuária extensiva para o Sistema Silvipastoril, com destaque para o ciclo da água, o ciclo do carbono, o ciclo dos nutrientes, o balanço de energia, a biodiversidade, os benefícios econômico e social, ou seja, o sistema é mais sintrópico.

Serviços ambientais potencializados com a adoção do Sistema Silvipastoril			
Ciclos	nº	Benefícios	Fonte
carbono	1	significativo acréscimo de Carbono fixado no solo	Nair <i>et al.</i> , 2009
água	2	melhora do microclima	Paciullo <i>et al.</i> , 2014
	3	melhora do bem-estar animal	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	4	função de quebra-vento	Resende, 2016
	5	menor velocidade de escoamento superficial da água da chuva	Garcia <i>et al.</i> , 2003
	6	maior taxa de infiltração de água no solo	Garcia <i>et al.</i> , 2003
	7	diminuição da temperatura	ILPF em números
	8	menor taxa evapotranspiração de água no solo	Resende, 2016
	9	maior disponibilidade de água para as plantas	Miccolis <i>et al.</i> , 2016
	10	aumento da recarga do lençol freático (fortalecendo as nascentes)	Resende, 2016
solo e nutrientes	11	conservação do solo (redução da compactação e erosão)	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	12	melhora da matéria orgânica no solo	ILPF em números
	13	melhora da disponibilidade de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg)	Menezes e Sancedo, 1999
	14	favorecimento da microbiologia do solo	Miccolis <i>et al.</i> , 2016
	15	favorecimento da dinâmica das comunidades	Miccolis <i>et al.</i> , 2016
balanço de energia	16	maior produção de pastagem	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	17	maior eficiência produtiva do rebanho	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	18	menor balanço de emissões de gases de efeito estufa	Resende, 2016
	19	menor uso de agrotóxicos e adubos industrializados	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
	20	menor incidência de pragas	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
	21	maior vida útil das pastagens	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
	22	maior eficiência no uso dos recursos naturais (sinergia: animal + vegetal)	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
biodiversidade	23	diminui a utilização da monocultura	ILPF em números
	24	menor demanda por áreas de expansão	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
	25	menor pressão sobre os biomas nativos	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	26	adequação ecológica das áreas dos plantios	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	27	melhora da biodiversidade nas áreas de produção	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
	28	abrigo, refúgio e fonte de alimento para a fauna	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
	29	corredores de contato mais harmônicos para a fauna e a flora silvestre	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
	30	minimizar o efeito de borda dos fragmentos florestais	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
econômico	31	redução dos riscos climáticos	Cordeiro <i>et al.</i> , 2017
	32	viável em todos os tamanhos de propriedades	ILPF em números
	33	diversificação do negócio	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	34	aumento da lucratividade da atividade	Resende <i>et al.</i> , 2018
	35	maior estabilidade econômica e redução dos riscos	ILPF em números
social	36	maior geração de empregos diretos	ILPF em números
	37	reduz a sazonalidade da mão de obra	ILPF em números
	38	estímulo para a melhor qualificação dos funcionários da fazenda	Pacheco <i>et al.</i> , 2016
	39	melhora da qualidade de vida das pessoas do local	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	40	diminuição do êxodo rural	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	41	melhora a beleza sênica da paisagem da zona rural	Almeida <i>et al.</i> , 2010
	42	melhora da imagem da produção agropecuária (mais sustentável)	Pacheco <i>et al.</i> , 2016

Quadro 1: Incremento de serviços ambientais com a adoção do Sistema Silvipastoril.
Fonte: Resende (2018).

Sobre a melhora do desempenho econômico do Sistema Silvipastoril, Resende (2016) pondera que, em relação à pecuária extensiva convencional, o autor utilizou a base de dados do Centro de Pesquisas Avançadas em Economia Aplicada

– CEPEA (Esalq/USP). Foram calculados indicadores contemplando Margem Líquida, Taxa de Remuneração sobre o Capital Investido e indicador de Retorno por Real Investido, descritos, a seguir, nessa sequência. Na pecuária de corte extensiva convencional: R\$ 18.217,47; 2,55%; R\$ 1,15; no Sistema Silvipastoril: R\$ 238.726,59; 25,43%; R\$ 2,87.

Com a evolução dos sistemas de engenharia no espaço-tempo, altera-se a relação do capital-trabalho, e, com o advento da globalização, o processo de evolução técnica se intensificou, ocasionando uma tendência de diminuição dos postos de trabalho, fato esse que continuará a evoluir nas próximas décadas. Na contramão desse movimento, o Sistema Silvipastoril apresenta-se como uma técnica moderna, fonte de geração de emprego e renda, através da revitalização do espaço da produção da pecuária extensiva tropical brasileira, completando, assim, a fundamentação do terceiro componente da tríade mencionada anteriormente: social-ambiental-econômico. (Almeida *et al.*, 2010)

Na integração, o uso das áreas é destinado a duas atividades que atuam de forma integrada (ou em consórcio), ou seja, o mesmo hectare que só produzia carne ou leite passou a produzir, adicionalmente, a madeira. Vale assinalar que o Sistema Silvipastoril tem o potencial de se configurar em uma importante técnica de incentivo à expansão de um modo de produção inteligente, capaz de conciliar benefícios sociais, ambientais e econômicos.

Atualmente, o Brasil possui dois tipos de sistemas que integram as árvores com os animais: a) **Sistema Silvipastoril**, também denominado Integração Pecuária e Floresta (IPF), com uma área de 805.000 ha, ou 0,46% do total de terras destinados à pecuária extensiva; b) **Sistema Agrossilvipastoril** ou Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, com uma área de 1.035.000 ha, ou 0,6% desse total (ILPF, 2016).

Apesar de terem sido pouco descritos nesta revisão, por não se tratar do objeto específico da pesquisa, os Sistemas Agrossilvipastoris contemplam a integração entre as árvores, as pastagens e os animais com mais um componente, a agricultura. Dessa forma, eles proporcionam os mesmos, ou até maiores, benefícios ambientais, sociais e econômicos que o Sistema Silvipastoril. Sua limitação está na seletividade imposta na escolha das áreas para a agricultura, pois esta é mais exigente em termos de topografia, solo, clima, logística, intensidade de capital, entre outros.

6. Material e Métodos

6.1. Pecuária degradada e produtiva em monocultura

As pastagens degradadas ocorrem devido a um processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de resiliência do sistema produtivo (Zimmer *et al.*, 2012). Segundo Dias-Filho (2014), as pastagens degradadas apresentam: diminuição do potencial de produtividade de biomassa, declínio das principais espécies forrageiras, perda de matéria orgânica, solos com baixa estabilidade de seus agregados, processos erosivos e aparente diminuição de macro e microbiologia do solo. Vale lembrar que esses fatores estão associados ao manejo inadequado da pastagem, conforme mostrado anteriormente na Figura 19, no Capítulo 4.

Garnett *et al.* (2016) reforçam essa análise apontando que a inadequada gestão do pastoreio pode influenciar as perdas de carbono no solo. Junto com a perda de carbono, ocorrem impactos ambientais associados a mudanças climáticas, desmatamento, conservação do solo e recursos hídricos. Conforme Streck *et al.* (2018), o excesso de pastoreio ou uso excessivo de terras produtivas, frequentemente, levam à degradação ambiental e eventual perda de solo.

A maior parte da degradação das pastagens ocorre em razão da ausência de práticas de planejamento do pastoreio, sendo um dos principais pontos negativos a ausência de rodízio de pastagem, ou seja, respeito ao tempo de pastoreio e tempo de descanso da pastagem bem definidos. Somado a isso, aparece a utilização de uma taxa de lotação do rebanho acima da capacidade de suporte da área de pastagem, acarretando a perda de vitalidade da vegetação. Nesses casos, boa parte da biomassa é removida pelo pastoreio excessivo (sobrepastoreio), e as principais plantas do sistema produtivo entram em um ciclo de deficiência vegetativa com perda de vitalidade, fato que afeta, diretamente, o processo de fotossíntese. É importante ressaltar que os carboidratos produzidos pela fotossíntese são a principal fonte de nutrientes para todo o ecossistema local. Assim, quanto mais diversificada (macro e microbiologia) for a pastagem, mais sustentável é o sistema produtivo; por conseguinte, uma diminuição drástica na

atividade de fotossíntese das pastagens provoca um colapso sistêmico. (Emmons & Ethredge, 2016)

As pastagens produtivas caracterizam-se pelo inverso do que foi descrito para as pastagens degradadas, sendo as principais características as seguintes: alta produtividade de biomassa, vitalidade das principais espécies forrageiras, aumento de matéria orgânica, maior estabilidade dos agregados do solo, baixa ocorrência de erosão e aumento macro e biologia do solo micro (Dias-Filho, 2014). Emmons e Ethredge (2016) afirmam que as pastagens produtivas estão sempre associadas a períodos curtos de pastejo seguidos por períodos adequados de descanso ou recuperação, permitindo o tempo para o crescimento da vegetação, a fim de maximizar o processo de fotossíntese. O manejo adequado das pastagens aumenta a produção de carboidratos, que fornecem nutrição para toda macro e microbiologia do sistema produtivo, criando um ciclo de sucesso na sucessão vegetal e interação animal.

6.2. Pecuária produtiva em Sistema Silvistoril

Além das demais características descritas no item anterior para as pastagens produtivas, os SSPs são sistemas multifuncionais, proporcionando a melhoria de vários serviços ecossistêmicos, podendo-se citar o incremento de carbono do solo (Nair *et al.* 2009; Nair, 2014). No que diz respeito aos benefícios econômicos, o SSP pode aumentar a renda por hectare ao ano (Resende, 2018) ao proporcionar a venda de, no mínimo, dois produtos (carne e madeira). Segundo dados da Embrapa Florestas (2017), o aumento da produtividade por unidade de área traz, além dos benefícios econômicos, a melhora da situação social de todos os envolvidos (proprietários, investidores e trabalhadores), revertendo o quadro característico da pecuária degradada¹⁵.

Ações para promover sistemas de produção multifuncional com um método agrícola inteligente em termos climáticos devem envolver sistemas produtivos que utilizam árvores (Jamnadass, 2013). O SSP pode combinar o conhecimento da produção de madeira, forragem e pecuária de forma integrada, melhorando os fluxos de caixa anuais de curto prazo através da pecuária e, a longo

¹⁵ EMBRAPA FLORESTAS. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/>. Acesso em: 15 fev. 2017.

prazo, com a receita da venda de madeira (Emmons & Ethredge, 2016). Conforme Beddington *et al.* (2011), o SSP é capaz de apoiar a sociedade no desafio da segurança alimentar, bem como na restauração de áreas degradadas.

Segundo dados da Rede de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF, 2016), se bem gerenciado, o SSP tem o potencial de promover a produção sustentável na pecuária, configurando-se como uma oportunidade para recuperar terras degradadas. Em oposição aos sistemas de monocultura, caracteriza-se por técnicas em maior sinergia com os ciclos naturais de sucessão vegetal e interação animal: para tanto, a diversidade do sistema produtivo deve ser privilegiada. Por meio da produção de mais de um produto, em um mesmo local, ao mesmo tempo, o SSP pode elevar o nível de sustentabilidade da pecuária, mesmo em regiões montanhosas. A recuperação de pastagens degradadas brasileiras através do SSP também é capaz de reduzir a pressão sobre florestas naturais, bem como para uma melhor eficiência dos principais elementos do equilíbrio ambiental: ciclo da água, ciclo do carbono, balanço energético, dinâmica dos nutrientes, biodiversidade, entre outros. O Brasil tem uma vocação natural para o SSP (ie: solo, clima e tecnologia), mas, embora muito eficientes, esses tipos de sistemas produtivos integrados ainda ocupam apenas uma pequena porcentagem da terra no contexto da pecuária brasileira (1,06%), um tímido número comparado ao desafio apresentado. (Resende, 2016, 2018)

6.3. Ferramentas de apoio à transição agroecológica

O agravamento do desequilíbrio ambiental tem mudado o papel dos produtores rurais e das comunidades agrícolas pelo mundo. Antes, esses se incumbiam da produtividade, da qualidade dos produtos e da margem de lucros, sendo que, agora, passam a ter um papel central na conservação ambiental. Esse protagonismo na proteção dos recursos naturais demanda uma evolução dos sistemas de produção vigentes, tornando-os mais complexos, diversificados, integrados e interdependentes. Com objetivo de provocar mudanças, os produtores rurais devem impulsionar a busca por uma transição agroecológica estratégica. Nesse novo contexto, para auxiliar os produtores nessa transição das prioridades, foram desenvolvidas ferramentas de diagnóstico para os sistemas produtivos agrícolas em todo o mundo, permitindo a avaliação da situação atual e as tendências

comportamentais, para auxiliar no planejamento das atividades em busca de cumprir com os objetivos propostos. (Ferreira *et al.*, 2012)

Para que isso ocorra, um modelo de sistema produtivo ideal precisa ser determinado, envolvendo as três dimensões da sustentabilidade (social, ambiental e econômica). Esse sistema ideal será usado com referência futura, para modelar e avaliar as ferramentas de pesquisa. Essa ferramenta, ainda, deve ter um baixo custo e ser de fácil implementação, de forma inclusiva e democrática, possibilitando o apoio a grandes projetos, mas também à agricultura familiar e de subsistência. Para aumentar a taxa de sucesso, parâmetros claros e transparentes devem ser estabelecidos. Ferramentas de pesquisa com essas finalidades são capazes de avaliar uma situação presente e a sua tendência de comportamento; assim sendo, podem auxiliar no planejamento estratégico para alcançar as metas propostas com maior rapidez e sinergia. (Marzall, 1999)

Um exemplo desse tipo de ferramenta bem-sucedido é o Indicador de Sustentabilidade Agroecossistemas (ISA), desenvolvido no Brasil, no ano de 2009, por uma parceria entre diversas organizações: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG), Instituto Estadual de Florestas (IEF), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Embrapa Milho e Sorgo), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Fundação João Pinheiro (FJP), por meio de projeto de pesquisa financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), com o apoio da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Minas Gerais (Sectes-MG), Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Seapa-MG) e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad). Além disso, em sua elaboração, o ISA recorreu a importantes conhecimentos adquiridos em pesquisas mundiais anteriores, conduzidas por outros centros de pesquisa¹⁶.

O ISA é utilizado, no Brasil, em Políticas Públicas ou iniciativas privadas, tais como: planejamento do uso da terra, realocação de comunidades em grandes

¹⁶ López-Ridaura *et al.*, 2001; Deponti *et al.*, 2002; Rodrigues e Campanhola, 2003; Mattos Filho, 2004; Rao e Rogers, 2006; Qiu *et al.*, 2007; Andrade, 2007; Correa e Teixeira, 2008; Astier *et al.*, 2008; Gómezlimón; Sanchez-Fernandez, 2010; Chaves, 2010; Rodrigues *et al.*, 2010.

obras de infraestrutura, gestão integrada de sistemas produtivos, adoção de práticas de estímulo à proteção da biodiversidade, diversificação da paisagem agrícola, entre outras.

Essa ferramenta de diagnóstico possibilita a identificação dos pontos críticos ou riscos, dos pontos positivos ou oportunidades, das vulnerabilidades socioeconômicas, das fragilidades ambientais, dos entraves e das potencialidades de atividades agroecológicas (tais como o Sistema Silvipastoril) e atua na escala geográfica de uma sub-bacia hidrográfica (Ferreira *et al.*, 2012). Os autores afirmam que “a transição de Sistemas de Produção Agrossilvipastoris para modelos mais integrados, diversificados e resilientes, implica em maior complexidade e reforça a necessidade do monitoramento, por meio de métricas e parâmetros que compõem um conjunto de indicadores”. (Ferreira *et al.*, 2012, p. 13)

6.4. Descrição da área de Estudo de Caso

A área de Estudo de Caso proposto para esta pesquisa é a BHRP, localizada no Estado de Minas Gerais, abrangendo uma área aproximada de 1.256,76 km², na Zona da Mata Mineira (SIGA/Ceivap, 2010; Souza *et al.*, 2016). O clima é caracterizado como tropical em altitude, com pluviosidade de 1.500 milímetros, temperatura média de 19,3 °C, com quatro estações bem definidas (Casquim, 2016; IBGE, 1977). Está inserida no Planalto Atlântico e pertence ao bioma Mata Atlântica e à paisagem geográfica de Mares de Morros. Antes do período colonial, 85% de sua cobertura do solo era formada por florestas tropicais biodiversas (Ab'Sáber, 2003), sendo a Mata Atlântica brasileira considerada de grande riqueza de biodiversidade (Mittermeier *et al.*, 2004). A Figura 31, a seguir, mostra, com destaque em vermelho, a localização da BHRP, no sudeste do Brasil.



Figura 31: A Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.
 Fonte: GOOGLE EARTH (2018). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>.
 Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

Nas cidades, a ocupação da BHRP apresenta uma típica ocupação urbana, bastante adensada e desenvolvida, mas com deficiências no tratamento de efluentes que são despejados no rio; já a paisagem rural típica é composta de pastagens e remanescente de mata atlântica. As declividades acentuadas observadas na bacia, aproximadamente 23%, somadas à ocorrência de sobrepastoreio, levam à observação de vastas áreas com pastagens degradadas, com solo compactado e exposto, com presença de processos de erosões, sendo que o reflorestamento comercial vem sendo desenvolvido, principalmente durante a última década. (Casquim, 2016; Souza *et al.*, 2016)

A degradação da Bacia Hidrográfica está ilustrada nas Figuras 32 e 33, com fotografias tiradas durante os trabalhos de campo desta pesquisa, no ano de 2017. Dessa forma, elas não representam o processo de decadência social, ambiental e econômico, mas, sim, o seu estágio atual.



Figura 32: Presença de fogo em áreas de pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.

Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 33: Pastagem degradada com início de processo de erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna.

Fonte: Autoria própria (2018).

A Figura 32 mostra a presença de fogo em áreas de pastagem, seguida pela Figura 33, que mostra a perda de cobertura vegetal. A partir disso, o processo de degradação se intensifica drasticamente com a sucessão para o estágio dos processos erosivos, atribuídos ao manejo inadequado do sistema produtivo. Ambas as figuras retratam a decadência da paisagem pertencente à BHRP nos aspectos econômico, ambiental e, conseqüentemente, social.

6.5. Ferramenta de análise e diagnóstico usada para o Estudo de Caso

O objetivo desta pesquisa foi identificar um conjunto de indicadores para avaliar alguns dos princípios e objetivos que norteiam a transição dos sistemas convencionais de produção, com maior impacto ambiental, para uma proposta mais equilibrada nas três dimensões da sustentabilidade. Esse tipo de ferramenta de diagnóstico caracteriza-se por proporcionar uma visão do todo, como se fosse a de um sobrevoo panorâmico sobre os sistemas de produção, configurando-se em um complexo levantamento multitemático, que não seria possível para uma metodologia reducionista, puramente quantitativa. Nesse sentido, caso o pesquisador sinta necessidade de dados complementares, levantamentos (ou inventários) pontuais podem e devem ser utilizados. (Ferreira *et al.*, 2012)

Após extensos levantamentos bibliográficos e consultas com especialistas em métodos diagnósticos para a agricultura, identificou-se o Indicador de Sustentabilidade Agroecológico-ISA, com bom potencial de aplicação. Mas o ISA tem múltiplos usos, várias possibilidades, com um espectro muito amplo, abrangendo quase todos os tipos de produção com a mesma ferramenta (vegetais, frutas, milho, soja, pecuária e produção florestal, entre outros). Para construir uma nova ferramenta de avaliação mais sensível às particularidades da pecuária e à paisagem estudada, foi elaborada uma ferramenta específica, baseada em ajustes e acréscimos feitos na planilha eletrônica, que proporciona a compilação dos dados do ISA. Portanto, cada parâmetro ISA foi revisado, algumas mudanças foram implementadas, e a ferramenta que deriva desse processo recebeu o nome de ISA-Pecuária.

O ISA-Pecuária é uma ferramenta de pesquisa qualitativa que atende às demandas das paisagens montanhosas, contemplando as três dimensões da sustentabilidade por meio da aplicação de questionários, observação participativa e levantamento topográfico. As questões de pesquisa foram respondidas pelo proprietário da propriedade, pelos colaboradores da fazenda e pelo pesquisador (através de observação participativa *in loco*); inclui, também, informações disponíveis em Bancos de Dados governamentais, como o Cadastro Ambiental Rural-CAR (Cadastro Ambiental Rural).

O Índice de Sustentabilidade Acumulada é o resultado desta análise, sendo composto por 8 Macroindicadores de Sustentabilidade, que incluem 21 aspectos avaliados, compilados por meio de, aproximadamente, uma centena de itens de pesquisa (esse número variou de acordo com as particularidades de cada propriedade amostrada). O grande número de itens de pesquisa permite uma avaliação mais profunda de cada uma das três dimensões da sustentabilidade. Esse índice é calculado usando uma média aritmética simples dos 21 aspectos avaliados, sendo o resultado final da avaliação. De acordo com os critérios da ferramenta de diagnóstico, cada indicador recebe um escore, ou nota, entre zero e um (0 e 1), sendo 0,7 considerado o *breakeven* da sustentabilidade (um bom desempenho social, ambiental e econômico). A seguir, apresenta-se a descrição dos Macroindicadores de Sustentabilidade:

a) Balanço econômico – aferir a saúde e a estabilidade financeira do negócio, avaliando a produtividade, o valor de venda, a lucratividade por hectare, a

distribuição das fontes de renda (atividades agrícolas, pecuária, florestal e outras fontes de renda fora da fazenda) e o grau de endividamento.

b) Balanço social – verificar, nas residências de familiares e de funcionários da fazenda, o acesso de alguns serviços básicos, como disponibilidade de água, energia elétrica, serviço de saúde, segurança, telefone, Internet, coleta de lixo. Além disso, buscar saber se todas as crianças frequentam a escola regularmente e se há transporte escolar, dados sobre a escolaridade e cursos de capacitação dos funcionários, familiares, cumprimento da legislação trabalhista, remuneração.

c) Gestão do estabelecimento – avaliar a capacidade do gestor em administrar o negócio, em atividades como: regularização ambiental, contabilidade, acesso a crédito, controle do fluxo de caixa, custo de produção por atividade de assistência técnica, grau de organização dos produtores através de participação em associações e cooperativas, forma como ocorre a busca de informações críticas para atualização do negócio, adoção de técnicas inovadoras, acesso a mercados diferenciados, recomendações quanto ao uso de equipamentos de proteção e segurança do trabalhador, gerenciamento de resíduos e efluentes líquidos.

d) Capacidade produtiva do solo – por meio de um protocolo de avaliação rápida, esse item checa a capacidade de o ambiente prover os recursos mínimos necessários à manutenção dos sistemas de produção, assegurando uma produtividade estável com retorno econômico para o agricultor através de 10 parâmetros: matéria orgânica acima do solo, solo desnudo, estabilidade e resiliência da superfície do solo, presença de processos erosivos, diversidade de organismos vivos, decomposição do esterco do gado, espécies decrescentes da forrageira da pastagem, biomassa aérea, produção foliar.

e) Qualidade da água – novamente, por meio de um protocolo de avaliação rápida, além de identificar o número de nascentes e cursos de água da fazenda, avaliar a qualidade superficial dessa água, o tipo de ocupação das margens do corpo d'água (mata ciliar, pastagem, agricultura, residencial ou industrial), o índice de poluição, o sombreamento a partir da cobertura vegetal no leito, a erosão próxima e/ou nas margens do corpo d'água e o assoreamento em seu leito, a transparência, o odor, a oleosidade da água e do sedimento no fundo do curso d'água, o tipo de sedimento (pedras, cascalho, lama, areia, cimento e canalizado).

f) Risco de deriva e contaminação – estimar o risco de contaminação atribuído a resíduos da produção, tais como: tratamento dado ao esgoto doméstico e aos resíduos líquidos da produção, uso de adubos industriais, uso de agrotóxicos, manuseio e reciclagem do lixo.

g) Manejo dos sistemas de produção – dimensionar as boas práticas no manejo da pecuária (bem-estar animal, adoção de pastagens mais diversas – “*grass mix*”, ou Sistemas Silvipastoris), controle adequado do rodízio de pastagens, taxa de lotação do rebanho adequada, estratégia para mitigar gases de efeito estufa, idade média das pastagens; ocorrência de queimadas; quantidade e intensidade da ocorrência de solos em estágio de degradação, avaliar a tendência de comportamento do processo de degradação (intensificação, estabilização ou diminuição), grau de adoção de estratégias para a conservação da água, conservação das estradas internas e externas à fazenda.

h) Ecologia da paisagem agrícola – aferir o estado de preservação dos remanescentes de vegetação nativa, o nível de fragmentação desses *habitats*, a presença de corredores de contato ecológico entre os fragmentos dentro e fora da fazenda, os estágios sucessionais da vegetação nativa (inicial, médio ou avançado), o percentual da fazenda composta por mata nativa, a proporção da área dos fragmentos com a vegetação nativa protegida com cercas, o uso e a ocupação do solo nas margens das nascentes e os cursos de água, a diversificação da paisagem agrossilvipastoril, o grau de adoção de práticas que auxiliam na agrobiodiversidade, o Índice Shanon. Na sequência, o Quadro 2 mostra o Diagrama ISA-Pecuária.

Índice de Sustentabilidade Acumulada		
Macroindicadores de Sustentabilidade	Aspectos avaliados	
Aspectos sociais e econômicos	a) Balanço econômico	1. Produtividade e preços de venda 2. Diversificação da renda 3. Lucro e segurança do investimento 4. Grau de endividamento
	b) Balanço social	5. Serviços básicos 6. Escolaridade e capacitação 7. Qualidade do emprego gerado
	c) Gestão do estabelecimento	8. Controles 9. Gestão da informação 10. Gestão dos resíduos 11. Saúde e segurança no trabalho
Aspectos ambientais	d) Capacidade produtiva do solo	12. Fertilidade e capacidade produtiva do solo
	e) Qualidade da água	13. Qualidade da água
	f) Risco de deriva e contaminação	14. Risco de deriva e contaminação
	g) Manejo do sistema de produção	15. Avaliação de solos degradados 16. Grau de conservação e boas práticas 17. Conservação das estradas
	h) Ecologia da paisagem agrícola	18. Vegetação nativa 19. APP - áreas de preservação permanente 20. Adequação da floresta nativa/reserva legal
		21. Diversificação da paisagem

Quadro 2: Diagrama ISA-Pecuária.
Fonte: Autoria própria (2018).

Vale ressaltar que a ferramenta de diagnóstico desenvolvida por esta pesquisa, o ISA-Pecuária, encontra-se disponível em uma planilha eletrônica (*Excel*) no Material Suplementar. A planilha do ISA-Pecuária contém 6 pastas (ou guias de informações), sendo 3 para coleta de dados (Questionário, Geoprocessamento e Indicadores), 1 (uma) com o Relatório dos Resultados, 1 formulário para elaboração do Plano de Ação visando à implementação de ações de melhoria contínua (Planejar, Desenvolver, Corrigir e Avaliar – PDCA), e um detalhado Guia de Aplicação para apoiar o preenchimento, a coleta de dados, além de aprofundar o esclarecimento sobre os 21 aspectos avaliados.

6.6. Amostra da pesquisa

Para esta investigação, um total de 6 fazendas de pecuária extensiva a pasto foram pesquisadas, sendo 2 (duas) de cada um dos seguintes arranjos produtivos: pecuária degradada em monocultura (PDM); pecuária produtiva em monocultura (PPM); pecuária produtiva em Sistema Silvipastoril (PPSP).

As Figuras 34, 35, 36 auxiliam para haver uma melhor visualização e caracterização complementar de cada um dos tipos de arranjos produtivos pesquisados.



Figura 34: A pecuária degradada em monocultura (PDM).
Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 35: A pecuária produtiva em monocultura (PPM).
Fonte: Autoria própria (2018).



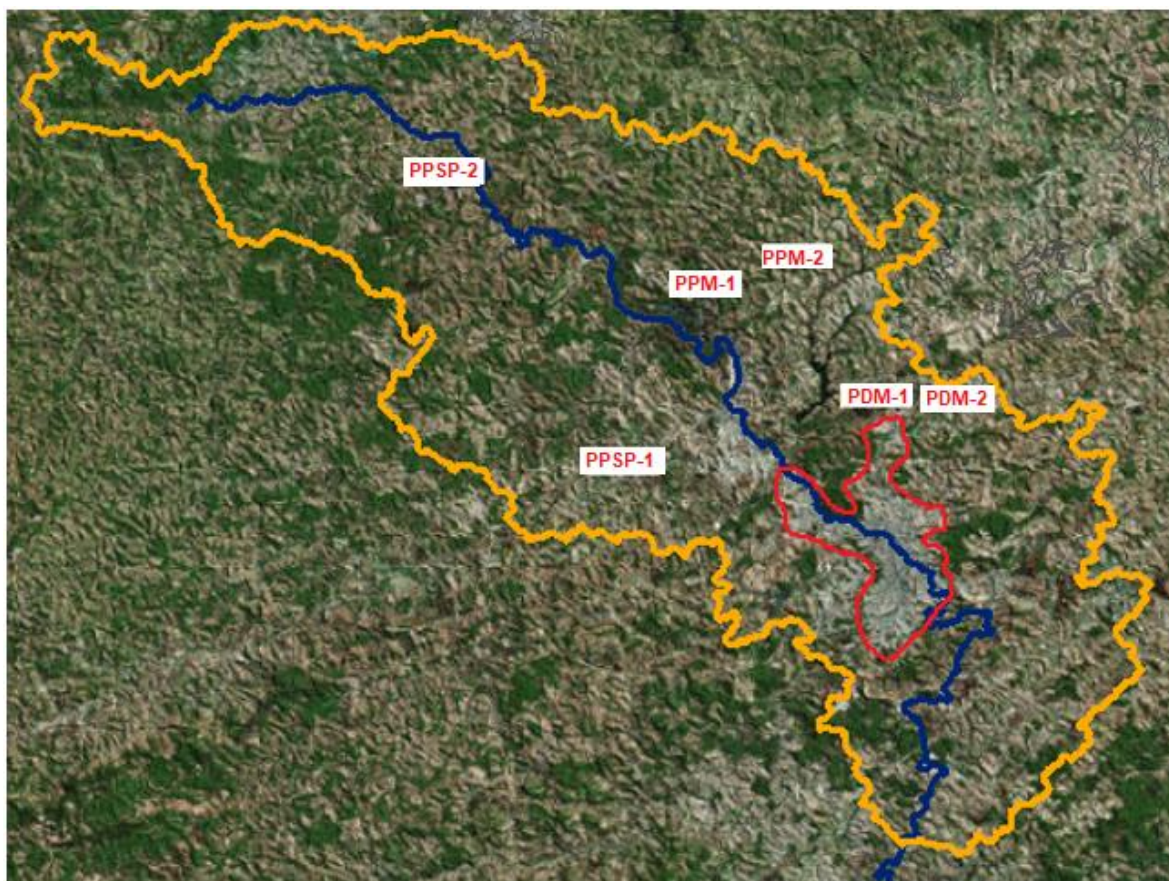
Figura 36: A pecuária produtiva no Sistema Silvipastoril (PPSP).
Fonte: Autoria própria (2018).

A pastagem forrageira presente nas 6 fazendas foi *Brachiaria brizantha*. O SSP, nas 2 (duas) fazendas pesquisadas, introduziu o componente arbóreo de forma intencional em uma área de pastagem já existente. Nas 2 (duas) fazendas PPSP, a espécie de árvores utilizada foi o *Eucalyptus urograndis*, de origem clonal (GG-100, i-144, i-244 e plantar 1270), com um espaçamento inicial entre plantas de 3x15 metros, com 222 árvores por hectare. O plantio ocorreu nos anos de 2010, 2011 e 2012, apresentando uma idade média de 7 anos. Portanto, apenas juntar duas

espécies de monoculturas (*Brachiaria brizantha* e *Eucalyptus urograndis*) consiste somente no primeiro passo de uma longa escada de práticas regenerativas e agroflorestais. Tais práticas regenerativas são muito mais complexas, mas também potencializam os benefícios do SSP. (Nair 2017; Savory & Butterfield, 2016; Henfrey & Penha-Lopes, 2015)

As fazendas foram individualmente submetidas à ISA-Pecuária, e, na sequência, os resultados foram agrupados aos pares, com o resultado acumulado das 2 (duas) fazendas de mesmo tipo de arranjo produtivo (PDM, PPM e PPSP). Finalmente, os resultados por arranjo produtivo foram comparados.

A Figura 37 apresenta, em amarelo, os limites da BHRP e, em branco, com escrita em preto, a alocação de cada uma das 6 fazendas pesquisadas é mostrada.



Legenda: PDM-1: pecuária degradada em monocultura 1, PDM-2: pecuária degradada em monocultura 2, PPM-1: pecuária produtiva em monocultura 1, PPM-2: pecuária produtiva em monocultura 2, PPSP-1: pecuária produtiva em Sistema Silvipastoril 1, PPSP-2: pecuária produtiva em Sistema Silvipastoril 2, — limites da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, — curso do Rio Paraibuna, — área urbana do município de Juiz de Fora.

Figura 37: Bacia do Rio Paraibuna e a alocação das 6 fazendas de gado a pasto pesquisadas.

Fonte: SIGA/Ceivap, 2010. (Adaptado pelo Autor).

A Figura 37 mostra, com destaque em amarelo, a localização da BHRP, no sudeste do Brasil; em vermelho, a cidade de Juiz de Fora, a maior cidade do seu

curso; em azul, o curso do Rio Paraibuna, sendo as 6 fazendas pesquisadas distribuídas nas seguintes coordenadas geográficas: PDM-1 (21° 66' 55.06" S, 43° 36' 33.62" W), PDM-2 (21° 65' 98.85" S, 43° 30' 33.83" W), PPM-3 (21° 60' 14.29" S, 43° 43' 59.62" W) and PPM-4 (21° 66' 52.12" S, 43° 36' 38.57" W), PPSP-1 (-21° 70' 90.80" S, -43° 50' 17.67" W) e PPSP-2 (21° 32' 45.68" S, 43° 35' 03.54" W).

6.7. Critérios de descarte das Amostras

Neste estudo, com objetivo de homogeneizar as amostras e tornar os resultados mais seguros, foram utilizados os seguintes fatores de descarte: a) as propriedades rurais teriam de representar as paisagens características da topografia montanhosa, sendo que as fazendas mais planas foram descartadas; b) foram descartadas fazendas muito degradadas ou muito produtivas, bem como aquelas com grave perda de perfil de solo fértil devido a processos erosivos, bem como as que utilizam recursos mais complexos para aumentar a produtividade (como fertilização intensiva e irrigação); c) as fazendas muito pequenas ou muito grandes foram descartadas, isto é, as fazendas aceitas tinham áreas entre 72 e 300 hectares; d) as fazendas em que as informações pesquisadas apresentavam algum tipo de inconsistência foram descartadas; e) para fazendas SSP, o espaçamento entre plantas deve ser uma linha única, com um número máximo de 250 árvores por hectare, conforme explicitado a seguir.

A escolha pela linha única foi tomada devido à forte presença das encostas montanhosas e íngremes na BHRP, fato que limita a mecanização do plantio, a manutenção, a colheita e o transporte das árvores, e, assim, estimula a escolha de arranjos produtivos com uma quantidade menor de árvores por hectare. O plantio com trabalho manual resulta em menores margens de lucro líquidas, sendo mais viável economicamente se realizado com os produtos que tenham um maior valor agregado, conforme é o caso da madeira para desdobro em serraria. A mecanização de áreas com maior declividade também aumenta os riscos ambientais, podendo-se citar a estabilidade do solo (Resende, 2018). Levando-se em consideração todas essas questões, esta pesquisa aponta que o SSP, com linhas simples e madeira para serraria, com períodos de ciclo longo, é o mais indicado para a análise da área de estudo desta investigação.

A seguir, no lado esquerdo da Figura 38, o alinhamento de linha simples é mostrado em detalhes. A maior passagem de luz solar para o pasto propiciada pela linha simples permite uma maior produção de biomassa para alimentar os animais. No lado direito, apresenta-se uma imagem aérea da distribuição das árvores na técnica de plantio em curva de nível com muitos benefícios, entre eles: redução da velocidade de escoamento superficial da água da chuva, maior taxa de infiltração de água no solo, uma melhor conservação do solo.



Figura 38: PPSP – 1, nov. 2017, detalhe da imagem em campo (esq.) e do GOOGLE EARTH (dir.).

Fonte: Resende *et al.* (2018).

A linha simples é, geralmente, utilizada para produção de madeira de serraria, com maior valor agregado, e colheita aos 12 anos (Resende, 2016). Os demais arranjos de SSP encontrados na bacia do Estudo de Caso (2, 3, 4 ou 5 linhas) são, de modo geral, utilizados na produção madeireira de eucalipto com a finalidade, quase exclusivamente, para a produção de lenha, carvão vegetal, celulose, ou multiuso (aplicação da madeira destinada a mais de uma finalidade). Nesses casos, as colheitas ocorrem: aos 6 anos, 12 anos (1º ciclo de rebrota) e 18 anos (2º ciclo de rebrota), o que torna a produção pecuária mais difícil, devido à necessidade de remover gado de pastagem nos estádios iniciais da planta em desenvolvimento, durante o plantio e as rebrotas. Outro fator negativo para os arranjos com maior densidade de plantas por hectare é o sombreamento excessivo.

Uma das técnicas utilizada pelas fazendas pesquisadas de PPSP, para evitar a redução na produção de pastagem devido ao sombreamento, é a desrama dos galhos inferiores das árvores, contribuindo, assim, para que o sombreamento não exceda 30% (Zootec, 2005), como ocorre nos sistemas de linhas triplas, quádruplas e quíntuplas descritas anteriormente.

No Brasil, a Embrapa Florestas é o centro de pesquisas mais desenvolvido no que diz respeito ao Sistema Silvipastoril. Segundo dados dessa empresa, em um bom projeto de SSP, a introdução de árvores na pastagem deve ocorrer de forma harmônica, o alinhamento deve ser em curva de nível de acordo com a característica de cada área, o sombreamento não deve ser superior a 30%, permitindo que chegue luz solar suficiente para a produtividade da forrageira; para isso, a técnica da desrama da copa pode e deve ser utilizada. Os melhores resultados para madeira de serraria são obtidos com o plantio de 180 a 250 árvores por hectare. A espécie arbórea mais utilizada no Brasil é o eucalipto, devido a sua grande versatilidade, mas também são encontrados bons projetos de pinus, mogno, cedro, entre outros.¹⁷

A área total sombreada pelo Sistema Silvipastoril pode ser calculada por meio de uma planilha eletrônica desenvolvida pela Embrapa (Porfírio-da-Silva *et al.*, 2008), que considera as variáveis do número de linhas, do espaçamento entre plantas, da densidade de árvores e da área ocupada pelo componente florestal. Esta pesquisa realizou uma simulação, de forma complementar, para ilustrar os tipos de arranjos produtivos encontrados com maior frequência na área de estudo, produzindo os seguintes percentuais de área sombreada:

- a) 13,3% para a linha única, espaçamento 3x15 m, com 222 árvores por hectare;
- b) 27,8% para a linha dupla, espaçamento 3x3x15 m, com 370 árvores por hectare;
- c) 38,1%, linha tripla, espaçamento 3x3x3x15 m, com 476 árvores por hectare;
- d) 45,8%, linha quádrupla, espaçamento 3x3x3x3x15 m, com 556 árvores por hectare;
- e) 51,9%, linha quintuplicar, espaçamento 5(3x1,5) x 19 m, com 1.075 árvores por hectare.

¹⁷ EMBRAPA FLORESTAS. Disponível em: https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/calc_densidarb.xls. Acesso em: 15 fev. 2019.

7. Resultados

Nesta seção, os resultados são mostrados em 5 etapas (dimensões) separadas na tentativa de não somente proporcionar um entendimento do conjunto de informações consolidado, mas também permitir que as temáticas individuais sejam exploradas de forma específica e com a atenção que merecem. A análise de dados em múltiplas dimensões fornece a capacidade de estabelecer conexões mais eficientes entre o tipo de sistema de produção adotado e as razões para o atual estágio de degradação apresentado, especialmente pelas fazendas PDM. Os dados foram assim organizados: primeiramente, o Índice de Sustentabilidade, uma série de figuras que trazem os 8 Macroindicadores de Sustentabilidade (representados pelas letras entre a-h), os 11 Aspectos Sociais e Ambientais (representados pelos números entre 1-11), os 10 Aspectos Ambientais (representados pelos números entre 12-21) e o Uso e Ocupação Atual do Solo.

Vale destacar que parte dos resultados é apresentada em gráficos no “formato de teia de aranha”. Essa forma de apresentar os resultados ocorreu na busca por um formato mais simples, no qual se torna muito intuitiva a visualização dos pontos fortes e fracos e/ou oportunidades e ameaças, de cada um dos 3 tipos de arranjos produtivos pesquisados. Futuramente, esse tipo de gráfico terá maior potencial para ser utilizado como um material técnico, acessível à linguagem dos produtores rurais locais, servindo como ferramenta de apoio na busca pela transição (e/ou evolução) agroecológica dos sistemas produtivos atuais e, consequentemente, para a Transformação da Paisagem.

A primeira informação disponível na Tabela 1, a seguir, é o Índice de Sustentabilidade Acumulada por Categoria, mostrando os resultados com ênfase no aumento progressivo obtido: 0,42 (PDM), 0,61 (PPM) e 0,75 (PPSP), sendo 0,7 o ponto de equilíbrio para sustentabilidade e 1,0 o máximo (Ferreira *et al.*, 2012). Já a Tabela 2 (Índice de Sustentabilidade Individual) apresenta os mesmos dados, porém de forma individual, por fazenda. Na sequência, são apresentadas a Figura 39 (Macroindicadores de Sustentabilidade), Figura 40 (Aspectos Ambientais), Figura 41 (Aspectos Sociais e Econômicos) e a Figura 42 (Uso e Ocupação Atual do Solo), abordados com a devida profundidade na próxima seção desta Tese (Discussão).

Tabela 1: Índice de Sustentabilidade Acumulada por Categoria (PDM, PPM e PPSP).

ISA - <u>Pecuária</u>					
Dados consolidados			PDM	PPM	PPSP
Índice de Sustentabilidade Acumulada			0,42	0,61	0,75
Total de aspectos avaliados			21	21	21
Desvio-padrão			0,21	0,17	0,17
Macroindicadores de Sust.	Balanço econômico	(a)	0,38	0,65	0,83
	Balanço social	(b)	0,55	0,71	0,79
	Gestão do estabelecimento	(c)	0,39	0,55	0,82
	Capacidade produtiva do solo	(d)	0,25	0,75	0,74
	Qualidade da água	(e)	0,68	0,68	0,68
	Risco de deriva e contaminação	(f)	0,59	0,59	0,63
	Manejo do sistema de produção	(g)	0,33	0,61	0,78
	Ecologia da paisagem agrícola	(h)	0,40	0,53	0,58
Aspectos sociais e econômicos	1. Produtividade e preços de venda	(a)	0,64	0,87	0,91
	2. Diversificação da renda	(a)	0,10	0,40	0,70
	3. Lucro e segurança do investimento	(a)	0,10	0,63	1,00
	4. Grau de endividamento	(a)	0,70	0,70	0,70
	5. Serviços básicos	(b)	0,50	0,75	0,91
	6. Escolaridade e capacitação	(b)	0,64	0,63	0,66
	7. Qualidade do emprego gerado	(b)	0,51	0,74	0,80
	8. Controles	(c)	0,61	0,71	0,71
	9. Gestão da informação	(c)	0,40	0,75	1,00
	10. Gestão dos resíduos	(c)	0,19	0,25	0,65
	11. Saúde e segurança no trabalho	(c)	0,35	0,47	0,93
Aspectos ambientais	12. Fertilidade do solo	(d)	0,25	0,75	0,74
	13. Qualidade da água	(e)	0,68	0,68	0,68
	14. Risco de deriva e contaminação	(f)	0,59	0,59	0,63
	15. Avaliação de solos degradados	(g)	0,25	0,78	0,85
	16. Grau de conservação e boas práticas	(g)	0,22	0,60	0,79
	17. Conservação das estradas	(g)	0,53	0,47	0,69
	18. Vegetação nativa	(h)	0,73	0,81	0,78
	19. APP - áreas de preservação permanente	(h)	0,14	0,23	0,18
	20. Adequação da floresta nativa/reserva legal	(h)	0,39	0,60	0,71
	21. Diversificação da paisagem	(h)	0,36	0,48	0,66

Legenda: PDM: pastagens degradadas em monoculturas, PPM: pastagem produtiva em monocultura, PPSP: pastagem produtiva em Sistema Silvopastoril. As letras indicam a que grupo de indicador o item de pesquisa pertence. A pontuação varia de zero a um (0-1), sendo 0,7 o *breakeven* da sustentabilidade, a cor rosa representa desempenho abaixo do *breakeven* da sustentabilidade e a cor verde, superior.

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 2: Índice de Sustentabilidade Individual.

ISA - Pecuária						
Dados individuais por fazenda			PDM-1	PDM-2	PPM-1	PPM-2
Índice de Sustentabilidade Acumulada			0,46	0,39	0,65	0,58
Total de aspectos avaliados			21	21	21	21
Desvio-padrão			0,25	0,19	0,17	0,22
Macroindicadores de Sust.	Balanco econômico	(a)	0,39	0,38	0,75	0,55
	Balanco social	(b)	0,70	0,40	0,68	0,73
	Gestão do estabelecimento	(c)	0,43	0,34	0,53	0,56
	Capacidade produtiva do solo	(d)	0,29	0,21	0,83	0,67
	Qualidade da água	(e)	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco de deriva e contaminação	(f)	0,59	0,59	0,56	0,63
	Manejo do sistema de produção	(g)	0,34	0,32	0,70	0,53
	Ecologia da paisagem agrícola	(h)	0,40	0,41	0,57	0,49
Aspectos sociais e econômicos	1. Produtividade e preços de venda	(a)	0,67	0,61	0,86	0,89
	2. Diversificação da renda	(a)	0,10	0,10	0,70	0,10
	3. Lucro e segurança do investimento	(a)	0,10	0,10	0,75	0,50
	4. Grau de endividamento	(a)	0,70	0,70	0,70	0,70
	5. Serviços básicos	(b)	0,73	0,27	0,77	0,73
	6. Escolaridade e capacitação	(b)	0,80	0,49	0,60	0,67
	7. Qualidade do emprego gerado	(b)	0,59	0,43	0,68	0,81
	8. Controles	(c)	0,64	0,57	0,71	0,71
	9. Gestão da informação	(c)	0,40	0,40	0,70	0,80
	10. Gestão dos resíduos	(c)	0,20	0,18	0,25	0,25
	11. Saúde e segurança no trabalho	(c)	0,47	0,23	0,47	0,47
Aspectos ambientais	12. Fertilidade do solo	(d)	0,29	0,21	0,83	0,67
	13. Qualidade da água	(e)	0,68	0,68	0,68	0,68
	14. Risco de deriva e contaminação	(f)	0,59	0,59	0,56	0,63
	15. Avaliação de solos degradados	(g)	0,25	0,25	1,00	0,55
	16. Grau de conservação e boas práticas	(g)	0,24	0,19	0,62	0,57
	17. Conservação das estradas	(g)	0,53	0,53	0,48	0,47
	18. Vegetação nativa	(h)	0,83	0,62	0,75	0,88
	19. APP - áreas de preservação permanente	(h)	0,03	0,26	0,40	0,07
	20. Adequação da floresta nativa/reserva legal	(h)	0,33	0,44	0,70	0,50
	21. Diversificação da paisagem	(h)	0,40	0,31	0,44	0,52

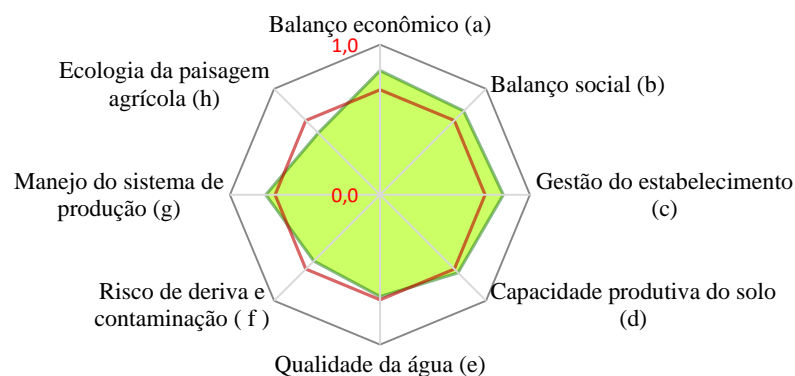
Legenda: PDM: pastagens degradadas em monoculturas, PPM: pastagem produtiva em monocultura, PPSP: pastagem produtiva em Sistema Silvopastoril. As letras indicam a que grupo de indicador o item de pesquisa pertence. A pontuação varia de zero a um (0-1), sendo 0,7 o *breakeven* da sustentabilidade, a cor rosa representa desempenho abaixo do *breakeven* da sustentabilidade e a cor verde, superior.

Fonte: Autoria própria (2019).

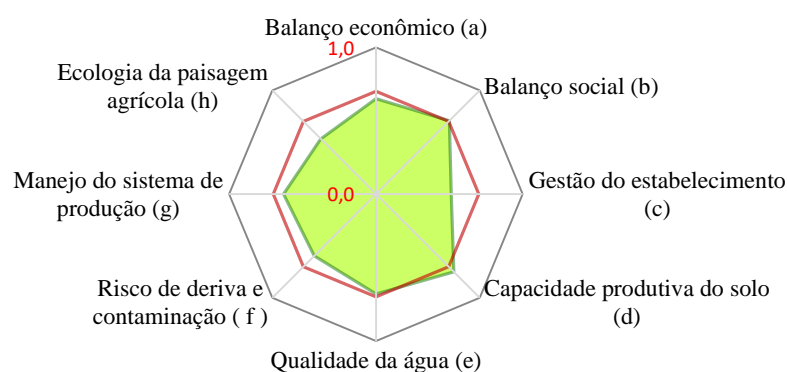
A seguir, é possível observar, nos gráficos apresentados (Figuras 39, 40 e 41), o seguinte: o centro de cada gráfico representa 0,0 pontos, a linha vermelha representa 0,7 pontos (*breakeven* da sustentabilidade), e a linha mais externa, em cinza, representa 1,0 ponto (pontuação máxima). A cor verde representa o

desempenho de sustentabilidade obtido pelo sistema produtivo, sendo que quanto mais verde a figura, melhor a sustentabilidade; e quanto mais branco o interior da figura, maior a degradação dos parâmetros sociais, ambientais e econômicos.

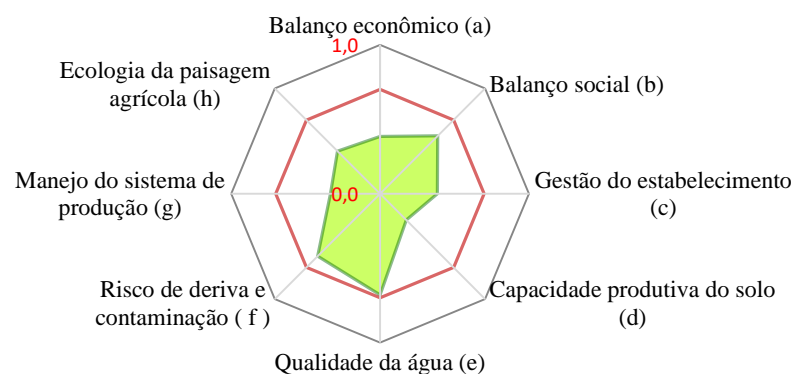
Média - PPSP - Macroindicadores de Sustentabilidade



Média - PPM - Macroindicadores de Sustentabilidade



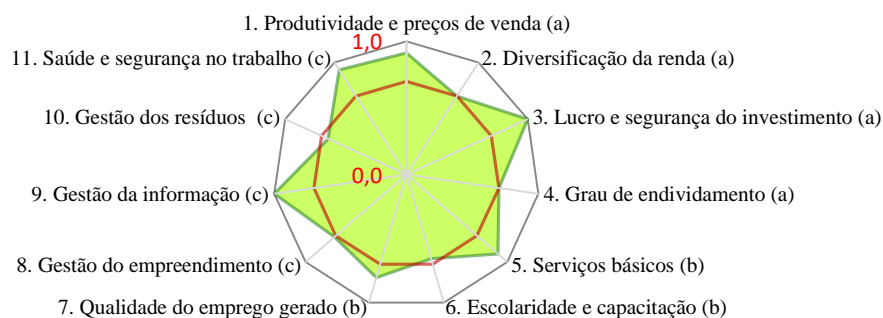
Média - PDM - Macroindicadores de Sustentabilidade



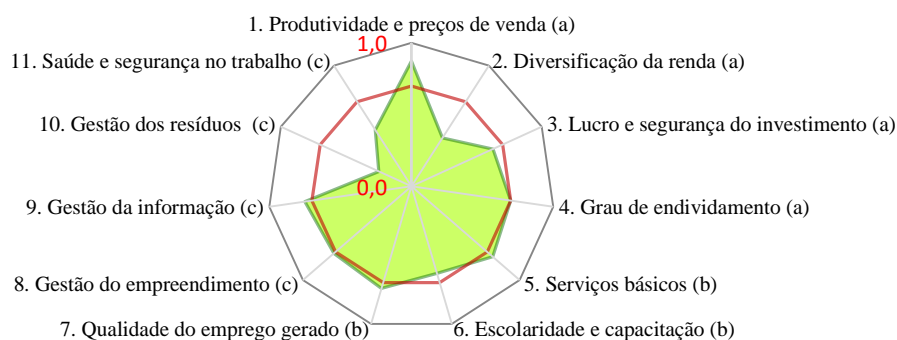
Legenda: PDM: pecuária degradada em monoculturas, PPM: pecuária produtiva em monocultura, PPSP: pecuária produtiva em Sistema Silvopastoril. As letras indicam a que grupo de indicador o item de pesquisa pertence. A pontuação varia de zero a um (0-1), sendo 0,7 o *breakeven* da sustentabilidade, ■ é o *breakeven* da sustentabilidade, ■ é o desempenho corrente obtido.

Figura 39: Macroindicadores de Sustentabilidade do ISA-Pecuária.
Fonte: Autoria própria (2019).

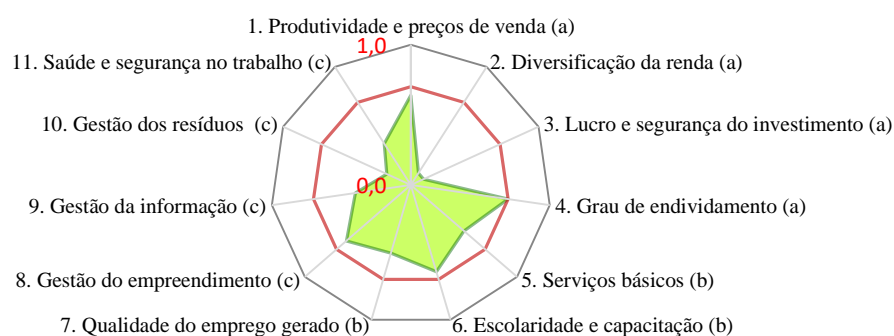
Média - PPSP - Aspectos Sociais e Econômicos



Média - PPM - Aspectos Sociais e Econômicos



Média - PDM - Aspectos Sociais e Econômicos

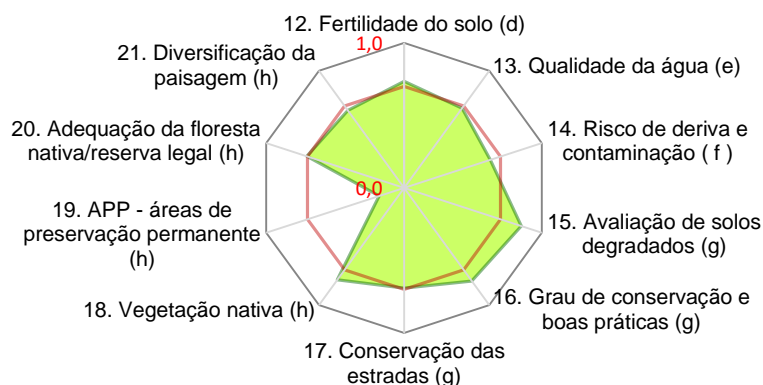


Legenda: PDM: pecuária degradada em monoculturas, PPM: pecuária produtiva em monocultura, PPSP: pecuária produtiva em Sistema Silvopastoril. As letras indicam a que grupo de indicador o item de pesquisa pertence. A pontuação varia de zero a um (0-1), sendo 0,7 o *breakeven* da sustentabilidade, ■ é o *breakeven* da sustentabilidade, ■ é o desempenho corrente obtido.

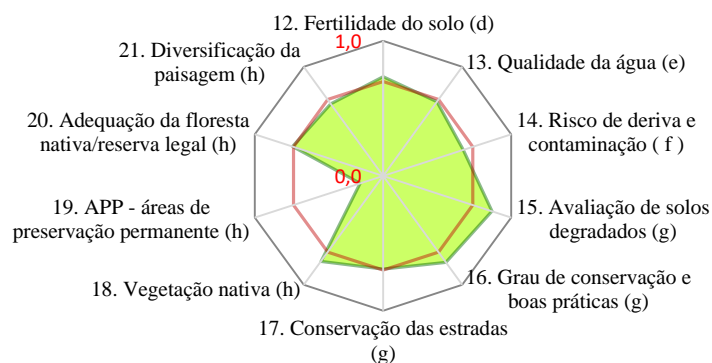
Figura 40: Aspectos Sociais e Econômicos do ISA-Pecuária.

Fonte: Autoria própria (2019).

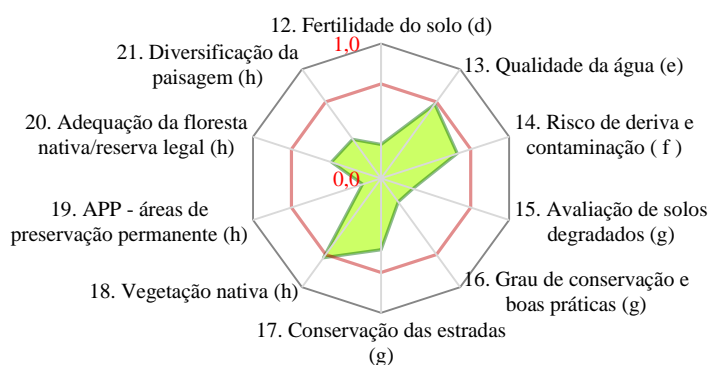
Média - PPM - Aspectos Ambientais



Média - PPM - Aspectos Ambientais



Média - PDM - Aspectos Ambientais

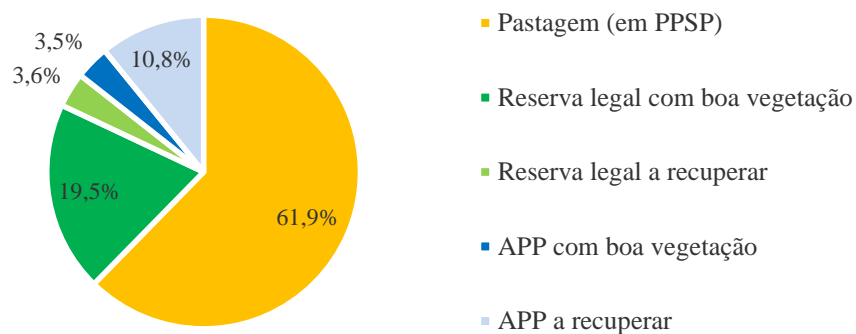


Legenda: PDM: pecuária degradada em monoculturas, PPM: pecuária produtiva em monocultura, PPSP: pecuária produtiva em Sistema Silvopastoril. As letras indicam a que grupo de indicador o item de pesquisa pertence. A pontuação varia de zero a um (0-1), sendo 0,7 o *breakeven* da sustentabilidade, ■ é o *breakeven* da sustentabilidade, ■ é o desempenho corrente obtido.

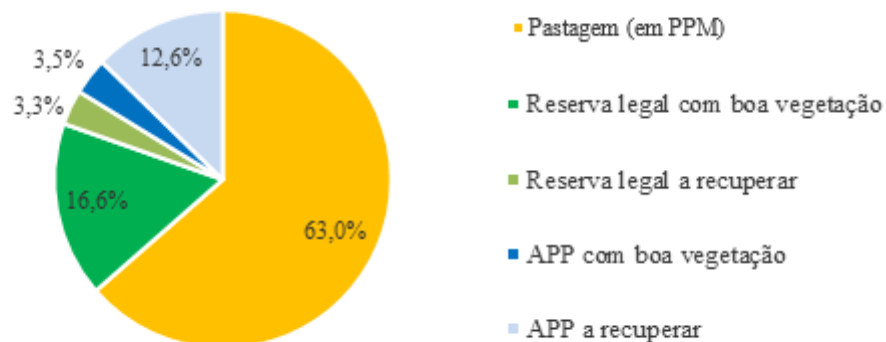
Figura 41: Aspectos Ambientais do ISA-Pecuária.

Fonte: Autoria própria (2019).

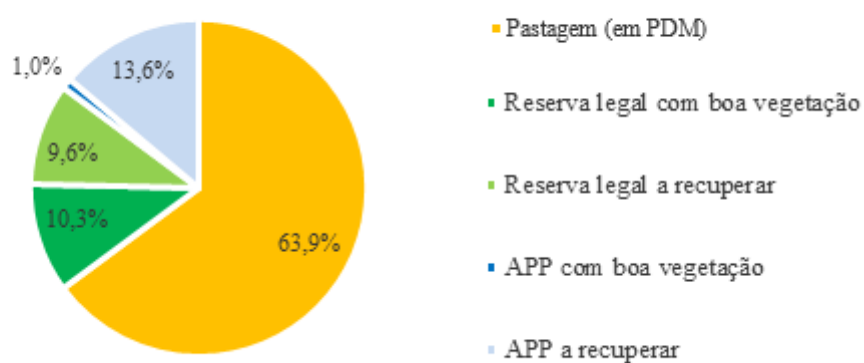
Média - PPSP - Uso e Ocupação Atual do Solo



Média - PPM - Uso e Ocupação Atual do Solo



Média - PDM - Uso e Ocupação Atual do Solo



Legenda: PDM: pecuária degradada em monoculturas, PPM: pecuária produtiva em monocultura, PPSP: pecuária produtiva em Sistema Silvopastoril 1, APP: área de preservação permanente

Figura 42: Uso e ocupação atual do solo.
Fonte: Autoria própria (2019).

8. Discussão

Índice de Sustentabilidade Acumulada: a Tabela 1 mostra os tratamentos com SSP que tiveram melhor desempenho no Índice de Sustentabilidade Acumulada (PDM = 0,42; PPM = 0,61 PPSP = 0,75). Esses também apresentaram uma melhor pontuação para quase todos os 8 Macroindicadores de Sustentabilidade (representados pelas letras entre a-h), que incluem 21 indicadores (representados pelos números entre 1-21).

Macroindicadores de Sustentabilidade: nos 8 Macroindicadores de Sustentabilidade (Tabela 1), as fazendas do sistema produtivo PDM não atingiram o *breakeven* de sustentabilidade em nenhum aspecto avaliado; a PPM só alcançou sustentabilidade em 2 deles, o balanço social (b) e a capacidade produtiva do solo (d); e a PPSP teve uma boa melhora, com 5 aspectos acima do *breakeven*, balanço econômico (a), balanço social (b), gestão do estabelecimento (c), capacidade produtiva do solo (d), manejo dos sistemas de produção (g).

Aspectos Sociais e Econômicos e Aspectos Ambientais: neste estudo, dos 21 aspectos avaliados (Tabela 1), a PDM alcançou o *breakeven* de sustentabilidade somente em 2 aspectos, grau de endividamento (4) e vegetação nativa (18); a PPM obteve uma melhora significativa, com 9 aspectos acima do escore mínimo, produtividade e preços de venda (1), grau de endividamento (4), serviços básicos (5), qualidade do emprego gerado (7), controles (8), gestão da informação (9), fertilidade do solo (12), avaliação de solos degradados (15) e vegetação nativa (18). O PPSP teve 14 aspectos com bom desempenho, produtividade e preços de venda (1), diversificação da renda (2), lucro e segurança do investimento (3), grau de endividamento (4), serviços básicos (5), qualidade do emprego gerado (7), controles (8), gestão da informação (9), saúde e segurança no trabalho (11), fertilidade do solo (12), avaliação de solos degradados (15), grau de conservação e boas práticas (16), vegetação nativa (18), adequação da floresta nativa/reserva legal (20).

Uso e Ocupação Atual do Solo: todos os 3 arranjos obtiveram, aproximadamente, dois terços da área total da propriedade destinada à prática da pecuária, na categoria de pastagem (em SSP ou monocultura), sendo: 61,9% para as PPSP; 63% para as PPM; e 63,9% para as PDM. Apesar de as três categorias

apresentarem área total próxima de 20% para a área de reserva legal, a diferença notada foi atribuída à parcela da que estava com boa vegetação *versus* vegetação a recuperar. A Figura 42 mostra a informação sobre os arranjos produtivos na seguinte sequência: Reserva Legal com boa vegetação *versus* Reserva Legal com vegetação a recuperar, e os respectivos percentuais: PPSP (19,53 *versus* 3,6%); PPM (16,6 *versus* 3,3%); e PDM (10,3 *versus* 9,6), sendo essa última, claramente, a que apresentou o pior desempenho.

Todos os tratamentos foram penalizados de maneira homogênea pela adequação da APP – área de preservação permanente (19) devido à ausência de cobertura vegetal nativa no entorno das nascentes e dos cursos de água, em uma área mínima de 30 metros do corpo d'água, que deve ser ocupada por vegetação ripária natural em bom estágio sucessional. Pode-se afirmar que essa realidade ocorre em toda a bacia do Rio Paraibuna e na esmagadora maioria das pastagens brasileiras. Portanto, não foi observada variação entre os tratamentos para a qualidade da água (e), sendo que todos os tratamentos tiveram pontuação de 0,68. Outra consequência foi uma discreta diferença para risco de deriva e contaminação (f), com um intervalo entre os tratamentos de 0,59-0,63.

Pontos negativos da monocultura: na comparação entre os arranjos PPSP e PDM, ficam mais evidentes os principais aspectos negativos dos sistemas em monocultura a serem destacados: para os Macroindicadores de Sustentabilidade (Figura 39), verificou-se ausência de gestão do estabelecimento (c) e no manejo do sistema de produção (g), acarretando um desempenho insuficiente nos Aspectos Sociais e Econômicos (Figura 40), especialmente, na diversificação de renda (2), no lucro e na segurança do investimento (3), e na saúde e segurança no trabalho (11); já para os Aspectos Ambientais (Figura 41), destacam-se a avaliação de solos degradados (15) e o grau de conservação e boas práticas (16). Entre a falta de adoção de boas práticas de produção, foram observados: ausência de técnicas de rotação de pastagens; uso eficiente da taxa de lotação (ua/ha); práticas de conservação do solo; baixa disponibilidade de matéria orgânica no solo; presença de processos de erosão; e ausência na diversificação da produção.

Cumpramos ressaltar que, apesar da escassa bibliografia integrando múltiplas dimensões da sustentabilidade (social, ambiental e econômica) na pecuária, especialmente em paisagens montanhosas, alguns resultados individuais podem ser observados para cada dimensão. Resultados econômicos semelhantes foram

encontrados por Rodrigues *et al.* (2017), que avaliaram os impactos da introdução de técnicas agro-silvo-pastoris (entre eles, o SSP) no Brasil, e obtiveram resultado positivo para o desenvolvimento econômico local, quando comparado com a pecuária em monocultura. Segundo os autores, o SSP vai muito além do aumento da produtividade e já se consolidou como uma técnica testada para a transição sustentável da pecuária, proporcionando melhor eficiência no uso de recursos naturais, assim como evolução nos aspectos econômicos e sociais. Em outra análise econômica realizada por Müller *et al.* (2011), na mesma paisagem montanhosa da área de Estudo de Caso desta Tese, foi observado um valor agregado aos produtos florestais, aumentando a lucratividade e a atratividade do SSP.

Silveira *et al.* (2014), em pesquisa realizada nos Estados Unidos da América (EUA), mostram que o SSP tem maior potencial para reter mais carbono quando comparado à pecuária em monocultura; no México, Soto-Pinto *et al.* (2010) identificaram mais matéria orgânica no SSP do que em pastagem sem árvores; na Espanha, Howlett *et al.* (2011) afirmam que o SSP proporcionou maior armazenamento de carbono orgânico no solo, em perfis de maior profundidade e estabilidade, em comparação com a pastagem sem árvores. De acordo com Nair *et al.* (2017), o aumento do estoque de carbono orgânico do solo é importante para a melhoria da fertilidade do solo, bem como para a melhoria ambiental. Resultados semelhantes foram obtidos por Dube *et al.* (2012) no Chile, Andrade *et al.* (2008) na Costa Rica, Kaur *et al.* (2002) na Índia, sendo que todos sugerem que o plantio de árvores em pastagem tradicional promove a fertilidade e a remediação das mudanças climáticas.

Reforçando os resultados desta pesquisa, Almeida *et al.* (2013), ILPF (2016) e Resende *et al.* (2018) resumiram alguns dos benefícios do SSP brasileiro e, entre os muitos outros serviços ambientais prestados, destacam-se: a) bem-estar animal, devido à menor temperatura na área de pastagem, proporcionando melhor conforto térmico; b) corredores de contato mais harmônicos entre fragmentos florestais, facilitando a interação e o fluxo gênico de espécies locais (fauna e flora); c) menor velocidade de escoamento superficial da precipitação pluviométrica, favorecendo maior taxa de infiltração de água no solo, aumentando a recarga do lençol freático e promovendo a conservação do solo e a menor incidência de processos erosivos; d) melhoria da produtividade por hectare, reduzindo a pressão pela demanda de áreas agrícolas sobre os biomas nativos; e) fornecimento de

produtos mais ecológicos, como madeira serrada de fontes renováveis e carne neutra na emissão de gases de efeito estufa, entre outros; f) geração de empregos diretos, melhoria da qualidade de vida da população local.

Após todas essas considerações, destaca-se que a “essência-chave” do SSP consiste em desencadear uma série de interações positivas, dentro e no entorno da área produtiva, envolvendo os ciclos (ou dinâmicas) de carbono, energia, água, biodiversidade e nutrientes (Bungenstab & Almeida, 2014). Essa sinergia vai além dos benefícios ambientais, melhorando, também, os Aspectos Sociais e Econômicos, reforçados pelo desempenho: na produtividade e nos preços de venda (1), diversificação de renda (2), lucro e segurança de investimentos (3), serviços básicos (5), qualidade de emprego gerado (7), saúde e segurança no trabalho (11); e, para os Aspectos Ambientais: de fertilidade do solo (12), avaliação de solos degradados (15), grau de conservação e de boas práticas (16), adequação da floresta nativa/reserva legal (20). Aparece, também, a diversificação da paisagem para ser somada a esses benefícios (21), que, apesar de ter ficado abaixo do *breakeven* da sustentabilidade, apresentou uma importante evolução (Tabela 1).

Pecuária Regenerativa: discutindo somente a comparação entre PPSP e PPM, faz-se necessário enfatizar que ocorreu uma exceção nos Macroindicadores de Sustentabilidade, Tabela 2, para o indicador de capacidade produtiva do solo (d), na qual uma das fazendas amostrais da PPM (PPM-1 com 0,83) obteve um desempenho melhor do que as duas fazendas da PPSP (PPSP-1 com 0,75 e PPSP-2 com 0,72). Esse desempenho pode indicar que, mesmo sendo uma pastagem em monocultura, é possível obter um solo sustentável, sugerindo que a evolução para uma produção pecuária regenerativa pode ser impulsionada por técnicas de manejo do sistema produtivo (pastagem + animal, neste caso específico).

Uma hipótese que poderia explicar esse fato seria que o manejo inadequado de animais e pastagens levou a uma dinâmica de degradação, por meio de um manejo ineficiente do sistema produtivo. As fazendas em que a tomada de decisão considerou o contexto holístico do sistema produtivo (ou “*micro-ecossistema-produtivo*”) alcançaram melhor equilíbrio nas análises ISA-Pecuária. Isso ficou mais claro após a comparação direta dos resultados PDM *versus* PPM (Tabela 1). Portanto, o simples aprimoramento da adoção de boas práticas de produção poderia desencadear um processo de revitalização com grande impacto positivo na sustentabilidade. Essas análises sinalizam que o manejo inadequado do

sistema produtivo pode ser considerado como um dos principais fatores de degradação da paisagem. A maneira como as decisões foram tomadas sobre o pastoreio e o manejo animal reduziu a resiliência e a estabilidade do “*micro-ecossistema-produtivo*”, intensificando a degradação dentro e ao redor das áreas de pastagem para a PDM. Por conseguinte, apenas reunir duas espécies de monocultura (*Brachiaria brizantha* e *Eucalyptus urograndis*) é apenas o primeiro passo em um longo caminho de práticas regenerativas (Savory & Butterfield 2016; Henfrey & Penha-Lopes, 2015).

Comparando os gráficos da Figura 41, podem ser observadas algumas interações sinérgicas ligadas à fertilidade do solo (12), sendo que a informação mais valiosa é a seguinte: fazendas com melhor resultado no grau de conservação e boas práticas (16) apresentaram melhor performance na avaliação de solos degradados (15) e esses foram aqueles que alcançaram melhor equilíbrio nos 8 Macroindicadores de Sustentabilidade (Figura 39) e, portanto, no Índice Acumulado de Sustentabilidade Final (Tabela 1). Tais práticas regenerativas são muito mais complexas, mas proporcionam mais benefícios e, consequentemente, maior desempenho na avaliação ISA-Pecuária, conforme descrito nos dois parágrafos a seguir.

Segundo Savory e Butterfield (2016), o bom manejo das atividades pecuárias deve começar com um bom plano de pastejo, permitindo maior vitalidade para todo o sistema. Para isso, são essenciais períodos curtos de pastejo rotativo, combinados com períodos adequados de descanso para o pasto, privilegiando a fotossíntese e aumentando a atividade da planta. Ao se favorecer a revitalização das plantas por meio de um plano de pastejo metódico, são esperadas maior produção de biomassa e recuperação mais rápida da pastagem durante o período de descanso. (Dias-Filho, 2014)

Nesta pesquisa, ficou evidente que uma pastagem melhor proporciona melhor conservação do solo com uma série de benefícios, utilizando-se processos sinérgicos, incluindo: maior produtividade de biomassa, vitalidade das principais espécies forrageiras, aumento de matéria orgânica, maior estabilidade agregada do solo, baixa ocorrência de erosão, balanço energético mais eficiente, aumento de macro e microbiologia do solo, melhor conforto animal e maior lucratividade (Bungenstab & Almeida, 2014). Plantas com boa vitalidade produzem melhores pastagens; pastagens melhores produzem solo de boa qualidade; solo de boa

qualidade produz mais nutrientes para macro e microbiologia; e assim por diante... Esse processo é conhecido como sintropia e/ou sinergia na sucessão vegetal e integração animal.

SSP no Brasil: na Figura 39, observa-se um desempenho positivo entre os sistemas em monocultura *versus* SSP, apresentando uma progressiva curva de crescimento – os Macroindicadores de Sustentabilidade, sendo que os maiores benefícios do SSP foram observados no balanço econômico (a), na gestão do estabelecimento (c), na capacidade produtiva do solo (d) e no manejo do sistema de produção (g).

Como o SSP é caracterizado por possuir mais processos de interação e sucessão vegetal, quando comparado com a pecuária em monocultura, é fácil compreender sua maior chance de recuperar terras degradadas e de proporcionar uma pecuária mais sustentável e com interações ambientais positivas (Nair *et al.*, 2009; Nair, 2014; Henfrey & Penha-Lopes, 2015; Nair, 2017). As pastagens brasileiras apresentam um intenso processo de degradação em curso, porém já existe tecnologia suficiente para obter uma produção sustentável de pecuária a pasto. Apesar de o SSP ser uma boa opção para a recuperação de terras, apenas 0,46% das pastagens brasileiras em monocultura se converteram para o SSP, desde o início de sua implementação, ocorrida no final da década de 1980 (ILPF, 2016). Embora muito eficiente, esse tipo de sistema produtivo integrado ainda ocupa uma pequena porcentagem no contexto da pecuária brasileira, número tímido comparado à grande vocação brasileira para o uso de sistemas integrados.

9.

Transformação da paisagem registrada após a introdução do Sistema Silvipastoril

Os resultados da pesquisa não somente aparecem nas tabelas e nos gráficos que foram mostrados na seção de resultados, como também são bastante visíveis, mesmo a “olho nu”. Este capítulo objetiva mostrar o registro de imagens as quais se apresentam em uma sintonia fina com os resultados obtidos, principalmente, no que diz respeito aos benefícios do sistema produtivo PPSP.

Há pouco menos de 10 anos, as fazendas PPSP iniciaram um processo transformador por meio do plantio das árvores em áreas de pastagem já existentes. Elas manejavam a pecuária em monocultura e migraram para um sistema produtivo agroflorestal, nesse caso específico, o Sistema Silvipastoril. O conceito de transformação da paisagem pode ser entendido como a evolução dinâmica da cobertura e uso do solo, por estímulos ambientais e/ou pela ação do homem:

Em termos aplicados, argumenta-se que a ecologia de paisagem pode contribuir, pois se propõe a lidar com mosaicos antropizados, na escala em que o homem está modificando o seu ambiente. Na abordagem geográfica, mais do que uma análise detalhada de impactos locais (principal enfoque da ecologia de ecossistemas e de bacia), a ecologia de paisagens procura entender as modificações estruturais e, portanto, funcionais, trazidas pelo homem no mosaico como um todo.¹⁸

A evolução da paisagem das propriedades pesquisadas pode ser analisada de forma visual nas imagens que serão apresentadas a seguir, parafraseando o jornalista carioca Millôr Fernandes: “uma imagem vale por mais de mil palavras”.

A seguir, a Figura 43 mostra imagens de antes (nas 4 primeiras imagens) e depois (nas 4 imagens seguintes) da introdução do Sistema Silvipastoril nas fazendas PPSP pesquisadas.

¹⁸ Departamento de Geografia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Linhas de Pesquisa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia e Meio Ambiente. **Transformação da Paisagem**. Disponível em: <http://www.geo.puc-rio.br/mestrado/>. Acesso em: 10 nov. 2018.

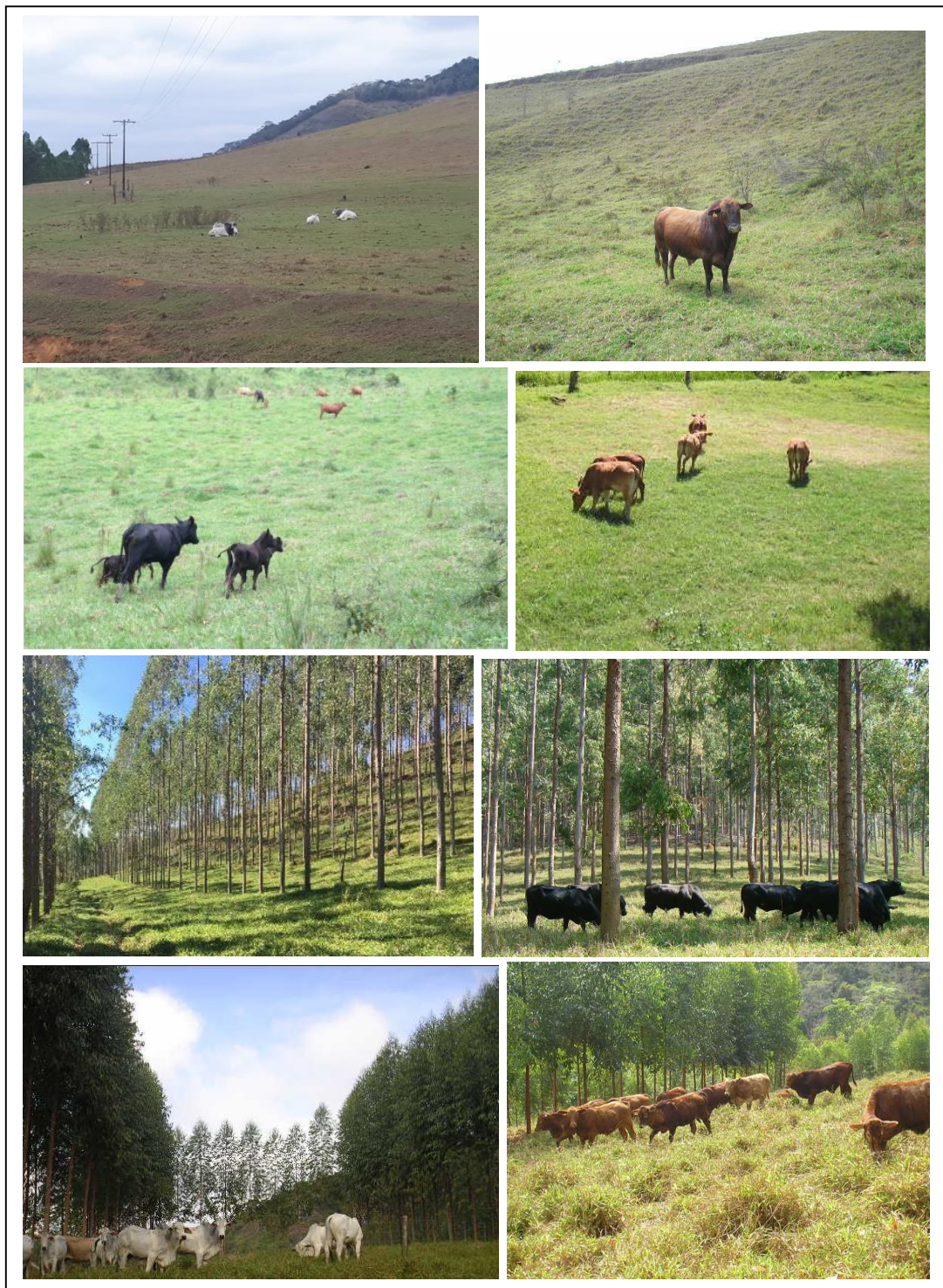


Figura 43: Imagens do antes e depois da introdução do SSP nas fazendas PPSP-1 e PPSP-2.

Fonte: Autoria própria (entre os anos de 2007-2018).

9.1. Imagens de satélite da evolução da paisagem na fazenda PPSP-1

As imagens, na sequência, registram a Transformação da Paisagem ocorrida na fazenda PSP-1 entre os anos de 2009 e 2018. A seguir, a Figura 44 mostra uma área parcial da propriedade em 2009, um ano antes do plantio do SSP, quando ocorria a prática da pecuária em monocultura.

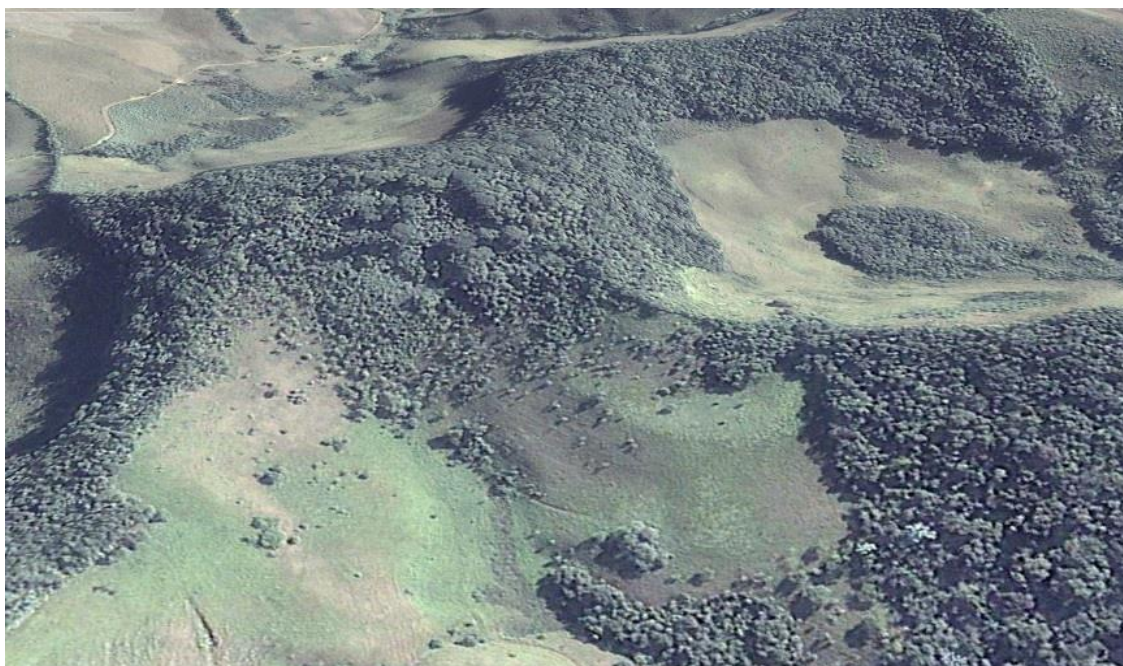


Figura 44: PPSP – 1, antes do plantio das árvores do Sistema Silvipastoril.
Fonte: GOOGLE EARTH (2009). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

A Figura 45 mostra a mesma área da Figura 44, todavia, em 2013, SSP com 4 anos de idade, com destaque para a função de corredores de contato entre os fragmentos de Mata Atlântica, mudança proporcionada pelo SSP.



Figura 45: PPSP – 1, Sistema Silvopastoril com média de 4 anos de idade.

Fonte: GOOGLE EARTH (2013). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

A Figura 46 mostra outra área parcial, maior que a anterior, no ano de 2009, antes da implementação do SSP.



Figura 46: PPSP – 1, antes do plantio das árvores do Sistema Silvopastoril.

Fonte: GOOGLE EARTH (2009). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

A Figura 47 mostra a mesma área apresentada na Figura 46, contudo em 2013 (SSP com 3 anos). Nota-se que as linhas de árvores do SSP são interrompidas

em alguns locais, pois, segundo o CAR, as áreas no entorno das nascentes e dos cursos de água (as APP) devem ter vegetação nativa e, dessa forma, não podem ser cultivadas.



Figura 47: PPSP – 1, Sistema Silvopastoril com média de 8 anos de idade.

Fonte: GOOGLE EARTH (2013). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

A Figura 48 é do ano de 2009 e mostra o perímetro da PPSP-1, em vermelho, e as setas em amarelo indicam a prática da pecuária produtiva em monocultura (PPM).



Figura 48: PPSP – 1, antes do plantio das árvores do Sistema Silvopastoril.

Fonte: GOOGLE EARTH (2009). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

Já a Figura 49 é do ano de 2018 e mostra o perímetro da PPSP-1, em vermelho. Desta vez, as setas em amarelo mostram as pastagens após o plantio do SSP.

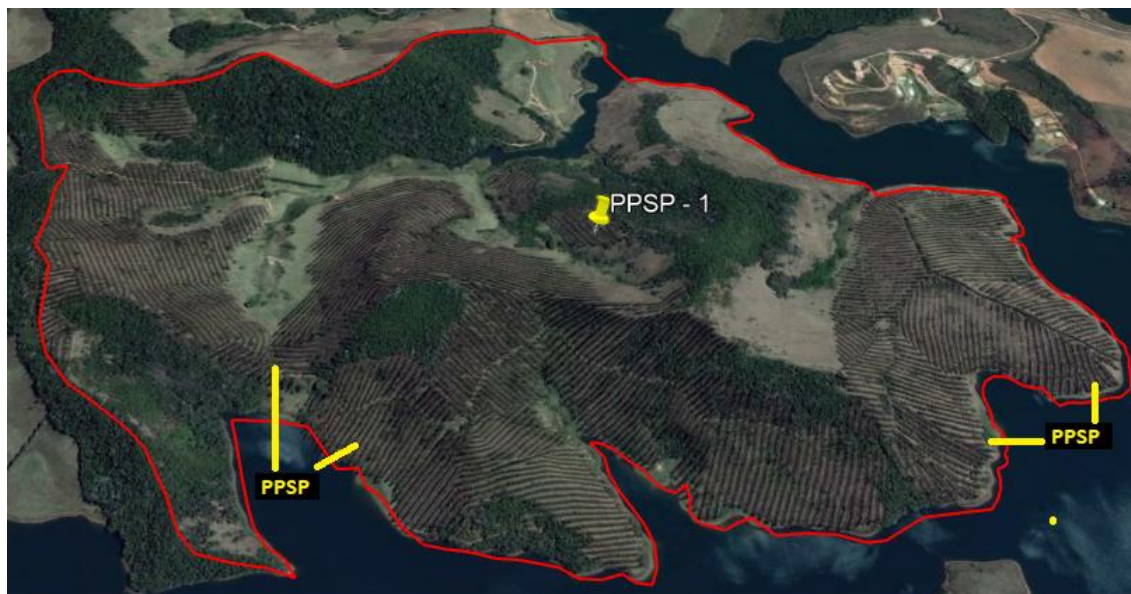


Figura 49: PPSP – 1, Sistema Silvipastoril com média de anos de idade.

Fonte: GOOGLE EARTH (2018). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

9.2. Imagens de satélite da evolução da paisagem na fazenda PPSP-2

As imagens, na sequência, registram a Transformação da Paisagem ocorrida na fazenda PSP-2 entre os anos de 2009 e 2018. A seguir, a Figura 50 é do ano de 2009 e mostra o perímetro da PPSP-1, em vermelho, e as setas em amarelo indicam a prática da pecuária produtiva em monocultura (PPM).

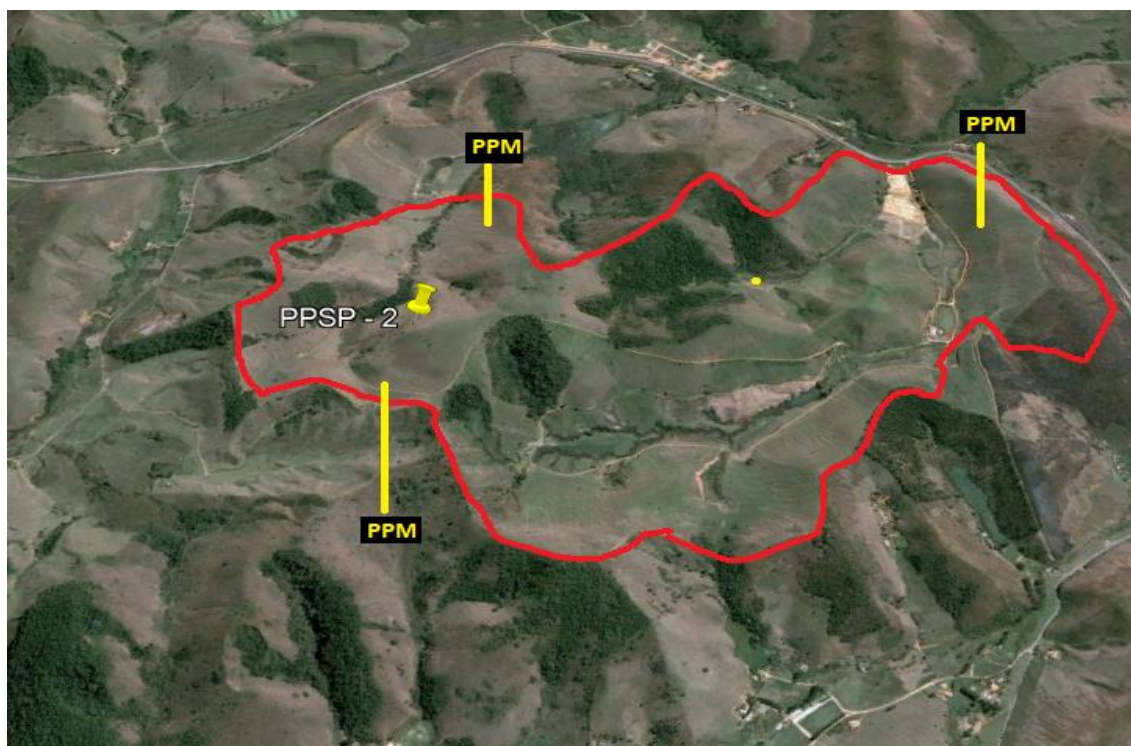


Figura 50: PPSP – 2, antes do plantio das árvores do Sistema Silvipastoril.
 Fonte: GOOGLE EARTH (2005). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

A Figura 51 é do ano de 2018 e mostra o perímetro da PPSP-1, em vermelho. Desta vez, as setas em amarelo mostram as pastagens após o plantio do SSP.

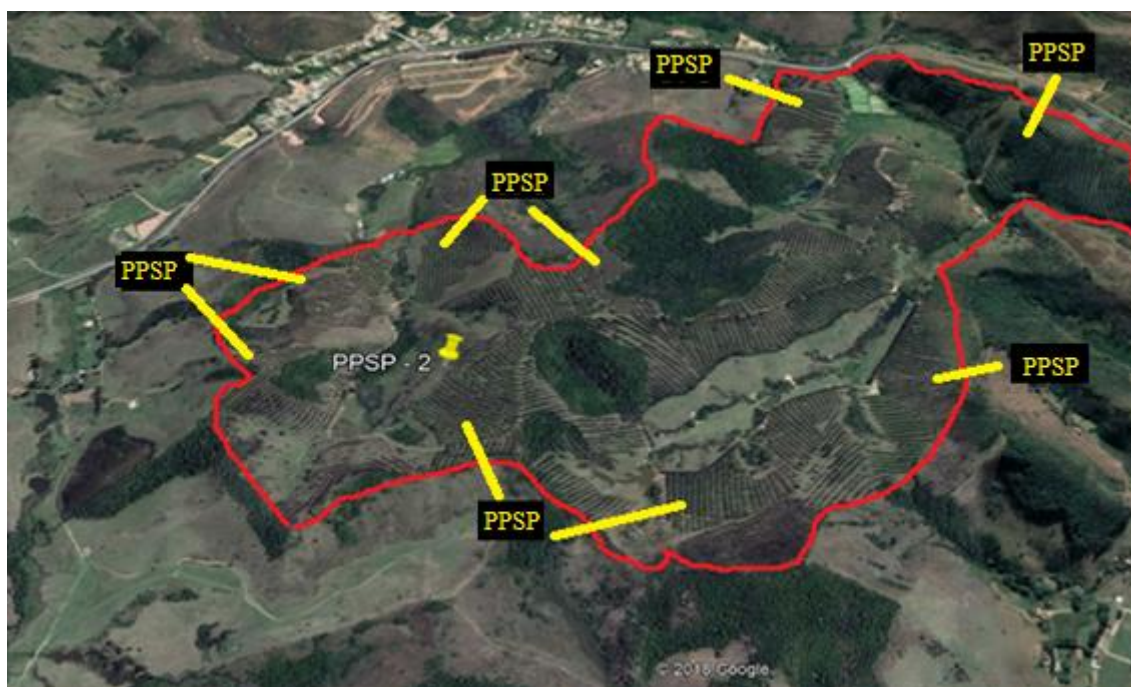


Figura 51: PPSP – 2, Sistema Silvipastoril com média de 8 anos de idade.
 Fonte: GOOGLE EARTH (2017). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

Algumas das imagens mais impactantes são apresentadas na Figura 52, que mostra todo um vale degradado, com várias nascentes e um pequeno curso de água no interior da PPSP-2, no ano de 2009.



Figura 52: PPSP – 2, um vale da fazenda PPSP com área parcial de 80 ha, antes do SSP.

Fonte: GOOGLE EARTH (2005). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

A Figura 53 apresenta a mesma área da figura anterior, nas mesmas dimensões, porém passados 6 anos, em 2015, já com a revitalização/transformação da paisagem proporcionada pela introdução das árvores do SSP.



Figura 53: PPSP – 2, um vale da fazenda PPSP com área parcial de 80 ha, depois do SSP.

Fonte: GOOGLE EARTH (2013). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

Na sequência, a Figura 54 mostra a mesma área das duas figuras anteriores, contudo, em uma 12 vezes maior, proporcionando uma visão panorâmica da região.



Figura 54: Potencial de Transformação da Paisagem do SSP (80 ha em vermelho e 960 ha em amarelo).

Fonte: GOOGLE EARTH (2014). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

No interior do círculo vermelho da Figura 54, aparece o mesmo vale da fazenda PPSP mostrado também nas Figuras 52 e 53, com uma área aproximada de 80 ha e com a prática do SSP. Já a área maior, em amarelo, possui 960 ha, sendo que, nessa área, a maioria esmagadora é de pecuária degradada em monocultura (PDM). Essa imagem foi escolhida na tentativa de apoiar a visualização do potencial transformador que o SSP tem para modificar uma área mais ampla (80 ha “x” 906 ha), influenciando, assim, toda a dinâmica produtiva, social e ambiental da paisagem.

9.3. Imagens de satélite atual das fazendas com pecuária em monocultura

De forma complementar, a fim de proporcionar um registro do contraste, são apresentadas as imagens do ano de 2018, para as fazendas em sistema de pecuária em monocultura, indicadas pelas setas na cor amarela, na seguinte ordem: a PDM-1 na Figura 55, a PDM-2 na Figura 56, a PPM-1 na Figura 57 e a PPM-2 na Figura 58.



Figura 55: PDM – 1, pecuária degradada em monocultura.

Fonte: GOOGLE EARTH (2018). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).



Figura 56: PDM – 2, pecuária degradada em monocultura.

Fonte: GOOGLE EARTH (2018). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

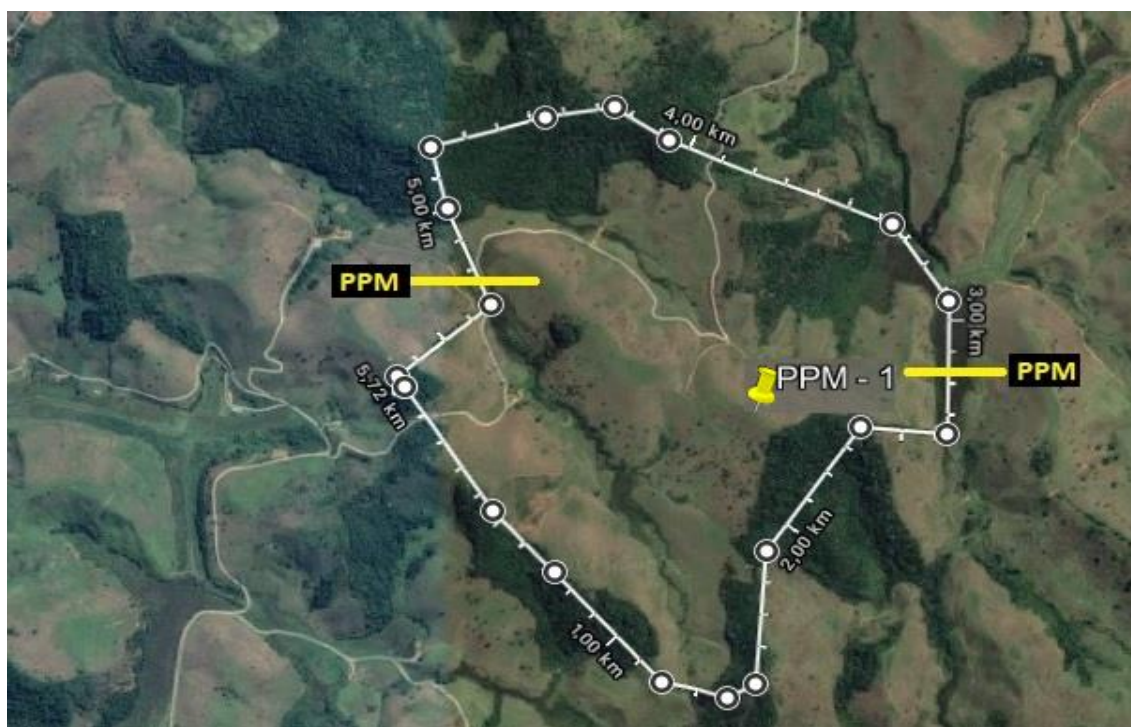


Figura 57: PPM – 1, pecuária produtiva em monocultura.

Fonte: GOOGLE EARTH (2018). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

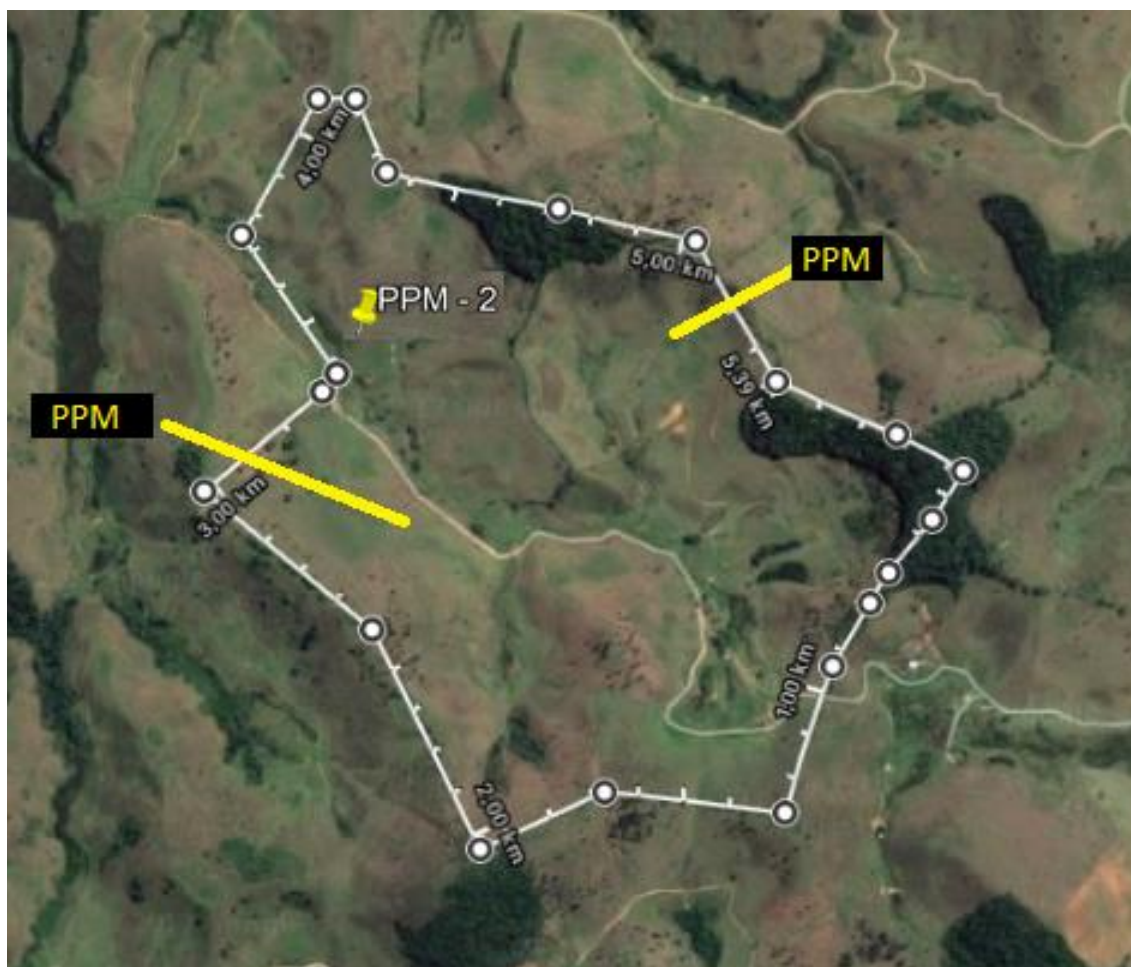


Figura 58: PPM – 2, pecuária produtiva em monocultura.

Fonte: GOOGLE EARTH (2018). Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018. (Adaptado pelo Autor).

As Figuras 56, 57 e 58 mostram as consequências da adoção da pecuária em monocultura para a paisagem da BHRP. Entre os impactos que essa forma de produção proporciona, pode-se destacar o alto percentual de solos descobertos, favorecendo, entre outros fatores, maior velocidade de escoamento da água proveniente das chuvas, o processo de lixiviação e erosão dos solos e a menor recarga dos lençóis freáticos.

10.

Ensaio de cenários para expansão do SSP na BHRP

Esta seção tem como objetivo apresentar um ensaio de cenários para a BHRP, por meio de uma possível, e desejada, reversão da degradação da cobertura do solo, para a classe de pastagem, através da conversão de sistemas de pecuária em monocultura para o SSP. Para isso, foram selecionadas duas variáveis: lucratividade e balanço de gases de efeito estufa (GEE) de origem animal.

Esse ensaio não pretende realizar uma análise muito precisa e criteriosa sobre o assunto, mas buscará apontar uma tendência multitemporal da evolução na dinâmica da transformação da paisagem da BHRP e, porque não, para permitir algumas reflexões sobre toda a paisagem dos Mares de Morros, visto que a área de Estudo de Caso é uma fiel representante das características core dessa importante paisagem brasileira, que ocupa 11,74% do país (Ab'Saber, 2003). O bom diagnóstico da tendência de transformação da paisagem permite que o planejamento de ações futuras, para sua revitalização, torne-se mais racional e efetivo, integrando os conceitos de ecologia das paisagens (Metzger, 2001).

Objetivando a elaboração do ensaio de cenários para expansão do SSP, foram utilizados dados do Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Ceivap), do Centro de Pesquisas Econômicas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP), do Instituto Brasileiro de Estatística (IBGE), da Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa), da *School of Forest Resources and Conservation* da Universidade da Flórida, do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), entre outros, a fim de proporcionar as seguintes análises da BHRP, subdividida em dois blocos:

- Uso do solo;
- Lucratividade;
- Balanço de gases de efeito estufas (GEE) de origem animal;
- Cenários: conversão das pastagens em monocultura para SSP;
- Produtos diferenciados e não *commodities*;
- Consumo local e comportamento do consumidor;
- Instrumentos de apoio ao SSP.

10.1. Cobertura e uso do solo

O conhecimento do padrão de cobertura e uso do solo é fator de grande importância para o planejamento de uma Bacia Hidrográfica, propiciando definir ações prioritárias para o uso adequado da oferta ambiental e, sobretudo, evitar possível sobreutilização dos recursos naturais. (Ramalho & Pereira, 1999)

Para identificar os padrões de uso do solo, foram utilizados os dados secundários gerados pelo projeto do Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (SIGA/Ceivap, 2010), que tem como objetivo auxiliar o monitoramento e a tomada de decisão no processo de gestão da Bacia do Rio Paraíba do Sul. O Rio Paraibuna nasce nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, no município de Antônio Carlos a cerca de 1.180 m de altitude, sendo que seu percurso é orientado no sentido Norte-Sul, de acordo com a seguinte hierarquia hídrica: inicialmente, o rio pertence à bacia que recebe seu nome – Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna; posteriormente, verte para a Bacia Hidrográfica do Rio Preto, o qual é afluente direto da margem esquerda da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Por isso, os dados secundários da cobertura e uso do solo do SIGA/Ceivap (2010) proporcionaram uma boa base para a elaboração do ensaio de cenários.

A Figura 59 mostra o mapa de cobertura e o uso do solo da BHRP na escala 1:325.000, com uma área total de 1.256,76 km², sendo a pastagem a classe que ocupa a maior área (522,93 km² ou 41,61%), seguida pela mata nativa (493,81 km² ou 39,29%), área urbanizada (128,26 km² ou 10,21%), agricultura (75,87 km² ou 6,04%), pelo corpo hídrico (35,34 km² ou 2,81%), área não classificada (0,55 km² ou 0,04%).

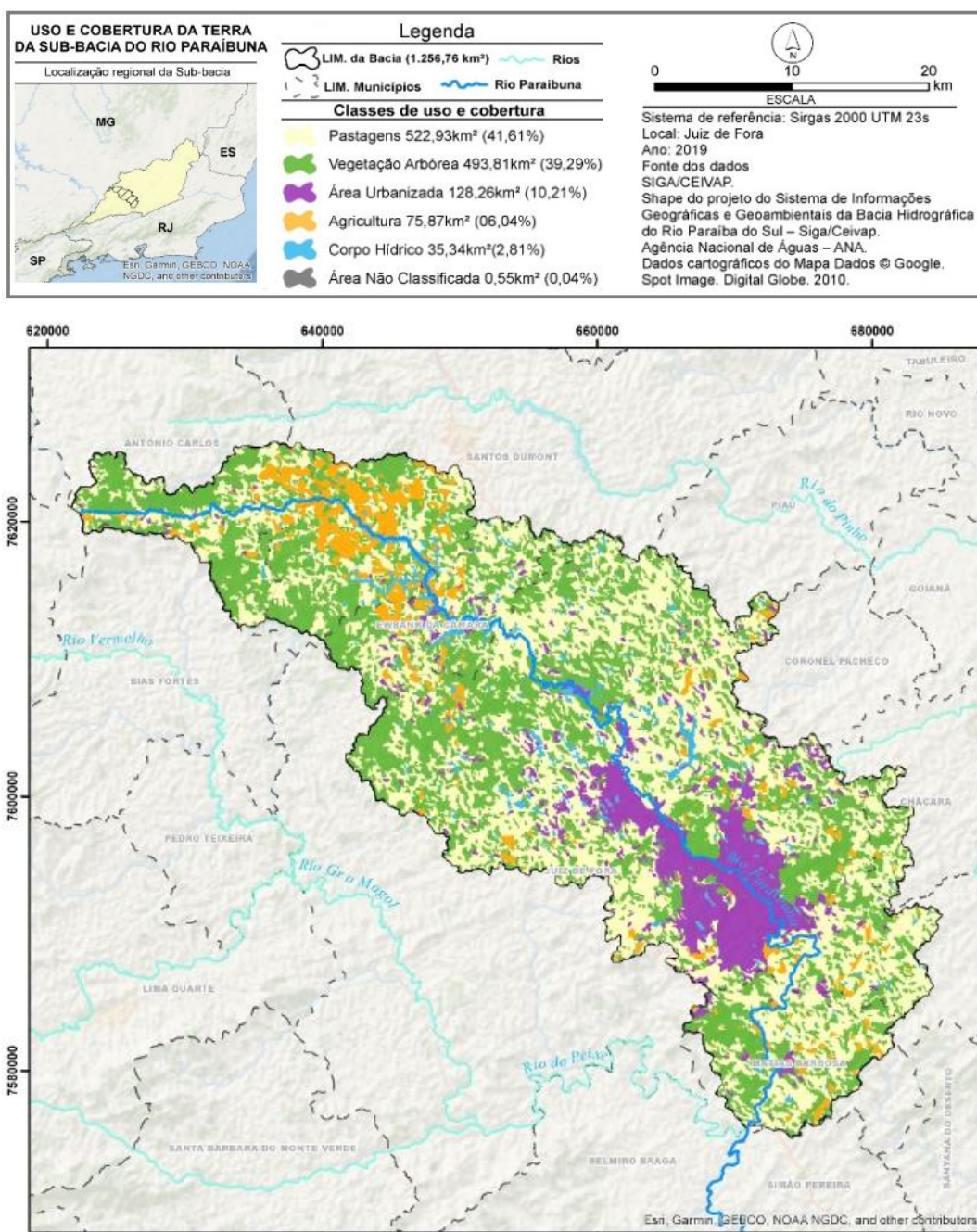


Figura 59: Uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.
Fonte: SIGA/Seivap, 2010.

Ao comparar o padrão de cobertura e o uso do solo da BHRP com os dados médios do Brasil, destacam-se duas particularidades: uma maior área de pastagem (41,65% *versus* 20,33%) e uma menor área de agricultura (6,00% *versus* 8,34%). Segundo dados já apresentados e devidamente fundamentados no Capítulo 4, mais especificamente no item 4.1., com as seguintes informações: a extensão territorial do Brasil é de 8.511.000 km², sendo que 20,33% são destinados à pastagem e 8,34% à agricultura.

10.2. Lucratividade

O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) é parte do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), unidade da Universidade de São Paulo (USP). Suas atividades consistem no desenvolvimento de pesquisas aplicadas ligadas ao meio rural, sendo que, desde 1993, mantém parceria com a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&FB) para elaboração e divulgação dos indicadores do Boi Gordo, Bezerro, Milho, Etanol, Açúcar, Soja e Algodão.

A fim de servir como referência comparativa a ser utilizada na elaboração do ensaio de cenários, foram utilizados os dados médios do Cepea para a Margem Bruta das fazendas (ou estabelecimentos rurais) que praticam a pecuária no Estado de Minas Gerais nos anos de 2017 e 2018 (Cepea, 2019), assim como para todo o Brasil, conforme detalhado a seguir:

Margem Bruta = Receita Total – Custo Operacional Efetivo

em que:

- a) Margem Bruta: margem bruta média das fazendas que praticam a pecuária;
- b) Receita Total: receita proveniente do gado e da madeira;
- c) Custo Operacional Efetivo: administrativo, impostos, manutenção, combustíveis, insumos, mão de obra, assistência técnica, medicamentos, suplemento mineral, aquisição de animais, entre outros;

Obs.: foram excluídos os dados referentes à atividade de confinamento de animais desta análise, uma vez que esta pesquisa é destinada a sistemas produtivos de gado a pasto.

A Tabela 3 traz os dados comparativos da Margem Bruta média da pecuária, com os dados do Cepea e da área de Estudo de Caso desta pesquisa.

Tabela 3: Margem Bruta Média comparativa.

Margem Bruta Média Comparativa			
Áreas experimentais		Áreas comparativas	
Modelo produtivo	(R\$/ha/ano)	Modelo produtivo	(R\$/ha/ano)
Pecuária em Monocultura		Pecuária em Monocultura	
PDM	R\$249,76	CEPEA MG	R\$351,66
PPM	R\$681,93	CEPEA BR	R\$320,61
Pecuária em Agrofloresta		Agricultura em Monocultura	
(Sistema Silvipastoril)		(Grãos: soja e milho)	
PPSP	R\$1.139,52	Sistema Soja e Milho na 2ª safra	R\$1.275,06

Legenda: PDM: margem bruta média para fazendas com pastagem degradada em monocultura referente à área de Estudo de Caso desta pesquisa, safra 2017/2018; PPM: margem bruta média para fazendas com pastagem produtiva em monocultura referente à área de Estudo de Caso desta pesquisa, safra 2017/2018; PPSP: margem bruta média para fazendas com pastagem produtiva em Sistema Silvipastoril referente à área de Estudo de Caso desta pesquisa, safra 2017/2018; Cepea MG: margem bruta média do Cepea para pecuária em monocultura, safra 2017/2018, referente às fazendas modais do Estado de Minas Gerais; Cepea BR: margem bruta média do Cepea para pecuária em monocultura, safra 2017/2018, referente à média das fazendas modais brasileiras; Sistema Soja e Milho na 2ª safra: margem bruta média para os 6 principais centros produtores do Brasil, obtido pelo Cepea/CNA (regiões de Cascavel-PR, Dourados-MS, Uberaba-MG, Rio Verde-GO, Primavera do Leste-MT e Sorriso-MT).

Fonte: Autoria própria (2019).

Os dados da Tabela 3 mostram que o Estado de Minas Gerais obteve a seguinte Margem Bruta Média: R\$ 384,16/ha em 2017 e R\$ 319,16/ha em 2018. Já o mesmo dado para a média nacional brasileira foi de: R\$ 332,63/ha em 2017 e de R\$ 308,58/ha em 2018. No cálculo, utilizando-se as informações do Cepea, foram excluídos os dados referentes à atividade de confinamento de animais desta análise, uma vez que esta pesquisa é destinada a sistemas produtivos de gado a pasto. Como foi utilizado o período de 15 anos para a colheita de madeira para serraria, fez-se necessário atribuir uma taxa de desconto de 5,83% ao ano para o cálculo do Valor Presente (VP) dessa receita. Assim sendo, o incremento da Margem Bruta (R\$/ha/ano) foi obtido a partir do valor de R\$ 1.139,52/ha/ano (média obtida pelas duas áreas experimentais de SSP), posteriormente, abateu-se: R\$ 351,66/ha/ano

(Cepea - MG) e R\$ 144,51/ha¹⁹ do custo financeiro da introdução do SSP), ou seja, a Margem Bruta incremental foi de R\$ 643,35/ha/ano a ser utilizada no ensaio de cenários.

A fim de reforçar a base comparativa com a Margem Bruta dos principais produtos do agronegócio, a Figura 60 apresenta os resultados econômicos do sistema soja sucedido de milho na 2ª safra nas principais regiões produtoras do Brasil.

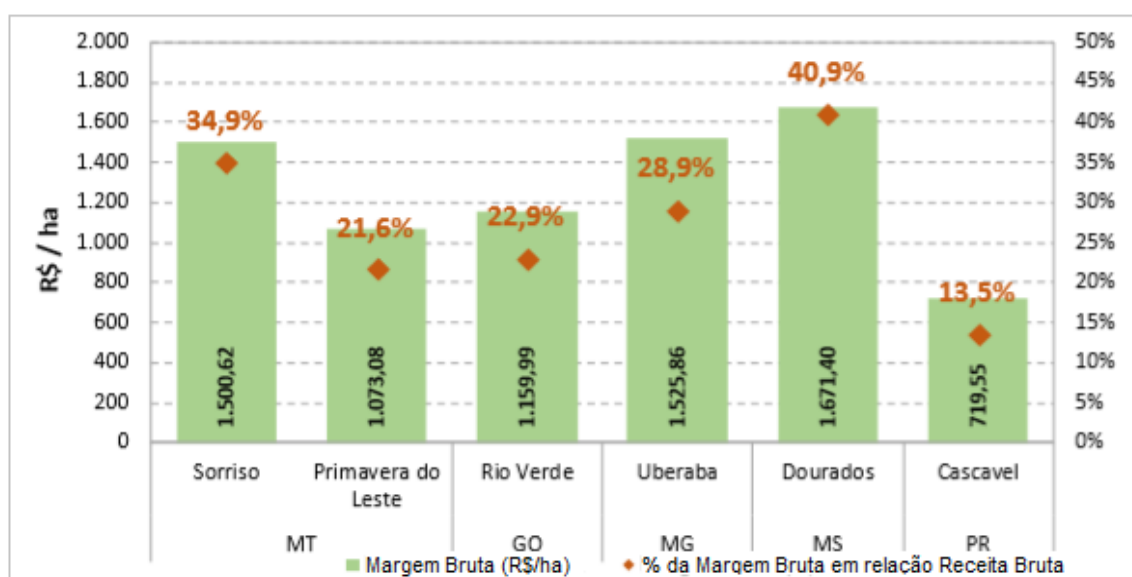


Figura 60: Margem Bruta do sistema soja sucedido de milho na 2ª safra nas principais regiões produtoras do Brasil, para a safra 2018/2019.

Fonte: Cepea e CNA (2018).

Na Figura 60, observa-se que a Margem Bruta do sistema soja sucedido de milho para a safra 2017/2018 alcançou a média de R\$ 1.275,06 R\$/ha/ano, obtido pelo Cepea/CNA para as regiões de: Cascavel-PR, Dourados-MS, Uberaba-MG, Rio Verde-GO, Primavera do Leste-MT e Sorriso-MT.

¹⁹ Segundo Resende *et al.* (2017), o custo de implementação do SSP foi de R\$ 1.500,00, sendo a taxa de juros do financiamento de 5% (Plano ABC 2012), resultando no custo anual (capital + juros) de R\$ 144,51/ha/ano.

10.3. Balanço de GEE de origem animal

Se levarmos em consideração as emissões GEE acumuladas referentes a todos os sistemas de produção de alimentos que flutuam entre 20 e 30% das emissões globais (Vermeulen *et al.*, 2012), e que, desse total, somente a pecuária é responsável por 14,5% (Gerber *et al.*, 2013), percebe-se a importância de que a produção de alimentos adote sistemas que sequestrem C. Nesse enfoque, é um consenso científico que os sistemas comerciais de pecuária têm um grande impacto nas mudanças climáticas, principalmente, devido à emissão de metano entérico (CH_4), que se origina da fermentação de alimentos no rúmen do gado. Mitigar esse impacto sobre mudanças climáticas é um grande desafio atual. Na produção de alimentos, o CH_4 entérico é o segundo maior contribuinte das emissões de GEE, representando 29% das emissões agrícolas globais, sendo o CO_2 o primeiro com 34% (GHG – Protocol Agriculture Guidance, 2016). No Brasil, esse número excedeu 50% do total de emissões de GEE da agricultura durante o período de 1970 a 2014 (Seeg, 2016). A maior contribuição do gado brasileiro para as emissões totais de GEE é atribuída ao modelo mais produtivo adotado, a monocultura de pastagem, caracterizada pela baixa eficiência produtiva e elevada degradação da pastagem, aumentando a pegada ecológica da cadeia produtiva bovina nacional (Assad, 2016).

10.3.1. Emissões de origem animal na pecuária a pasto

A Embrapa possui uma rede internacional para avaliar a dinâmica de GEE e o balanço de C nos sistemas de produção agrícola em 5 biomas brasileiros, sendo o valor médio obtido para emissão do metano entérico (CH_4), referente ao processo de digestão dos bovinos criados em SSP, de $66 \text{ kg CH}_4 \text{ cab.}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Alves *et al.*, 2015), valor esse corroborado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014). Ao multiplicar o valor da emissão do metano pelo potencial de aquecimento global do CH_4 (GWP) de 28, a conversão e homogeneização das emissões é realizada em $\text{kg CO}_2\text{e}$ (IPCC 2014). Dessa forma, tem-se que cada animal emitiu $1,85 \text{ Mg.CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, ou 1,85 ton. de carbono ($66 \text{ kg CH}_4 \times 28 = 1.850 \text{ kg}$, ou 1,85 ton). A Figura 61 apresenta o total e a distribuição das emissões GEE relacionadas a animais provenientes de fontes diretas e indiretas.

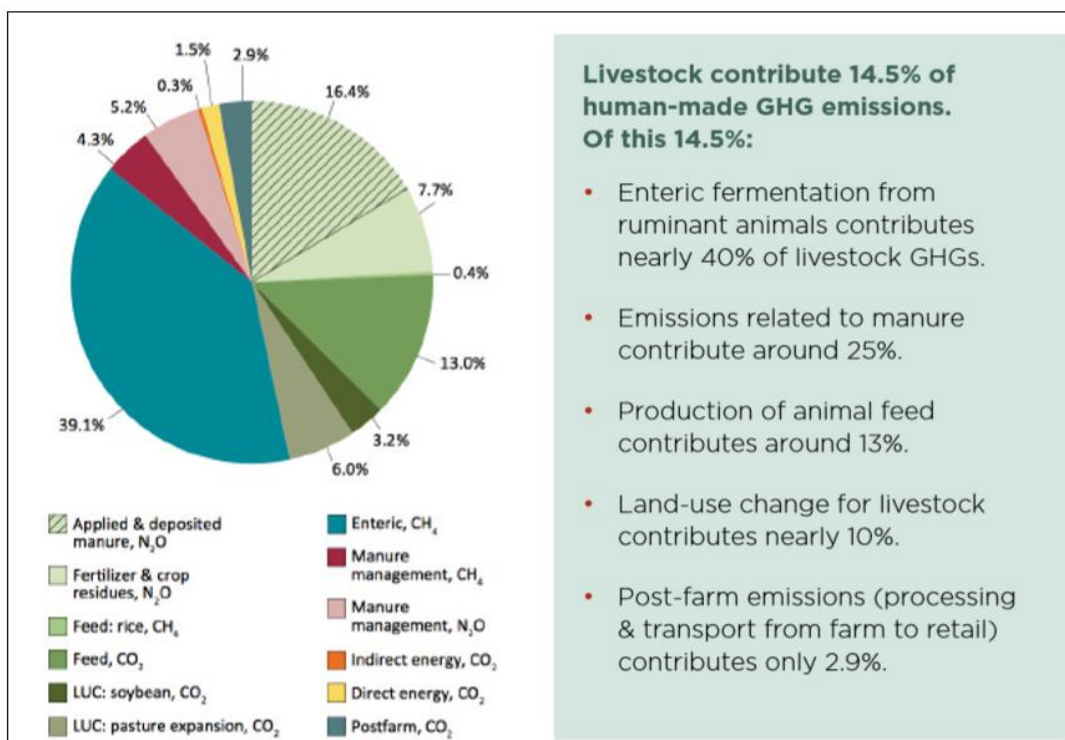


Figura 61: Total de emissões GEE relacionadas a animais provenientes de fontes diretas e indiretas.

Fonte: Gerber *et al.* (2013).

Gerber *et al.* (2013) mostram, na Figura 61, que as emissões da pecuária podem ser divididas nas seguintes proporções: 65% de emissões de origem animal (40% da fermentação entérica e 25% relacionadas à excreta bovina, ou seja, N₂O proveniente do esterco e da urina); e 35% das demais emissões da cadeia produtiva da pecuária não estão relacionadas com o metabolismo animal. Assim sendo, a emissão total por cabeça será de 3,00 Mg.CO₂e cab.⁻¹ a⁻¹ (1,85 Mg.CO₂e ha⁻¹ a⁻¹ para fermentação entérica e 1,15 Mg.CO₂e ha⁻¹ a⁻¹ para excreta bovina), valor que será utilizado no ensaio de cenários.

A partir da emissão por cabeça, utilizando-se a taxa de lotação média²⁰, a emissão pode ser calculada por ha: 2,85 Mg.CO₂e ha⁻¹ a⁻¹ (3,00 Mg.CO₂e ha⁻¹ a⁻¹ x 0,95 cab. /ha). Vale destacar que, na abordagem utilizada para esse ensaio, foram contabilizadas as emissões de origem animal referentes ao SSP, ou seja, GEE referentes ao sistema produtivo no interior da fazenda (da porteira para dentro). Como a pesquisa é destinada a sistemas produtivos de gado a pasto, não se fez

²⁰ Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2017), nos municípios da calha da bacia hidrográfica da área de Estudo de Caso, a taxa de lotação média é de 0,95 cab. /ha.

necessário contemplar as emissões quanto à produção de ração animal. No que diz respeito às emissões referentes à mudança de uso e de cobertura do solo, essa também não foi necessária, uma vez que a pesquisa objetiva a recuperação de terras degradadas há mais de um século, não contemplando a possibilidade de abertura de novas áreas de mata nativa. Também não foi o caso de avaliar as emissões e o Balanço de GEE das emissões pós-fazenda e outros, pois boa parte dessas se referem a processos de logística e processamento da indústria.

10.3.2. Sequestro de C

O SSP contribui para o aumento da matéria orgânica no solo, para sequestro de carbono (C) em sumidouros de longa duração abaixo do solo, bem como para a melhoria da fertilidade, constituindo uma estratégia eficiente para a adaptação às mudanças climáticas e à conservação ambiental (Kaur *et al.*, 2002; Neves *et al.*, 2004; Andrade *et al.*, 2008; Nair *et al.*, 2009; Soto-Pinto *et al.*, 2010; Howlett *et al.*, 2011; Nair *et al.*, 2011; Tonucci *et al.*, 2011; Dube *et al.*, 2012; Bungenstab & Almeida, 2014; Nair, 2014; Silveira *et al.*, 2014; Nair *et al.* 2017).

No que se refere ao SSP brasileiro e que utilizaram, exclusivamente, o eucalipto como componente florestal, foi realizada uma revisão bibliográfica, a fim de servir como referência para ensaio de cenários. Um bom número de estudos científicos foi identificado em condições similares à da área Estudo de Caso; além disso, esses realizaram múltiplas amostragens temporais para o inventário C no fuste (ou tronco) das árvores, mostrando o aumento do sequestro de C, expresso em incremento de toneladas (ton.) de Gás Carbônico Equivalente por hectare e por ano ($\text{Mg.CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), a saber: Tsukamoto Filho *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2008; Müller *et al.*, 2009; Resende, 2016; Rocha *et al.*, 2017; Torres *et al.*, 2017; Schettini *et al.*, 2018. Esses resultados apontaram um sequestro de C entre -5,23 e -23,90 $\text{Mg.CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ e uma média de -15,88 $\text{Mg.CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Essas pesquisas brasileiras, contudo, mostram dados do sequestro de C total do tronco da árvore. A metodologia utilizada neste ensaio de cenários considerou que, uma vez enviado o tronco para a produção de madeira serrada, sua biomassa não pode ser incorporada pelo solo como matéria orgânica. Na estimativa para o Balanço de GEE da BHRP, por meio de uma abordagem mais conservadora, foi considerado que somente uma fração do C total sequestrado pelas árvores de

eucalipto será armazenada de forma mais estável, em sumidouros de C de longa duração abaixo do solo, também conhecido como Carbono Orgânico Total (COT), com valores atingindo, para especificidade desta pesquisa, uma fração próxima de 17,85% do C total sequestrado pelo tronco das árvores (Resende *et al.*, 2019). A seguir, esses cálculos e conversões estão descritos passo a passo.

10.3.3. Sequestro de Carbono Orgânico Total (COT)

Segundo o *United States Department of Agriculture* (USDA, 2017), existem 4 tipos de sumidouros de C na Terra: reservatórios de vegetação, oceanos, atmosfera e sistemas terrestres, com o equilíbrio C sendo uma dinâmica complexa envolvendo o ciclo C (fluxo, troca e estoque). O C armazenado nos solos é composto por sumidouros geológicos de C, como fontes de combustíveis fósseis e matéria orgânica decomposta presente no solo, como Carbono Orgânico (Lal, 2004), ou como será nomeado, no ensaio de cenários, de COT.

Entre outras formas de sumidouros de C (ou Carbono estocado a longo prazo – mais estável no solo, ou “*Long-term carbon – more stable in the soil*”), os solos constituem uma alternativa segura para mitigar as emissões de GEE, armazenando, aproximadamente, o dobro da quantidade de carbono presente na atmosfera (Nair *et al.*, 2009). Durante a vida das árvores (ou biomassa), ocorrem as seguintes fases, levando em consideração o ciclo C: sequestro, estoque, fluxo e reemissão. O COT é C convertido em matéria orgânica e permanece estável no solo em sumidouros de longo prazo; por isso, sugere-se que as propostas de agricultura sustentável envolvendo mudanças climáticas utilizem o COT para compensação de emissões de GEE.

O C estocado a longo prazo no SSP pode ser explicado em três fases: 1ª fase, ciclo rápido de carbono (“*fast carbon cycle*”) – a partir do processo de fotossíntese, quando as plantas removem CO₂ da atmosfera, liberando O₂ e retraindo o C na estrutura da planta como biomassa por um período transitório de tempo; 2ª fase, ciclo lento de carbono (“*slow carbon cycle*”) – embora viva e com boa vitalidade, a dinâmica da planta apresenta decomposição parcial de biomassa pela ação de microorganismos, sendo a biomassa decomposta liberada na atmosfera parcialmente como C, e outra parte retida na forma COT; 3ª fase, o C estocado a longo prazo, mais estável no solo (COT), pode ser encontrado em diferentes

densidades do solo, tamanho de partículas e frações (por exemplo, classes de tamanho: 2000 a 250 μm , 250 a 53 μm , <53 μm) e quanto menor a fração de partículas e mais profundamente depositado, mais segura e estável é o C, esses recebem o *status* de sumidouros de C de longa duração (Nair *et al.*, 2009; Nair *et al.*, 2011; Nair, 2014).

10.3.4. Cálculo do Carbono Orgânico mediado por árvore do SSP

Somente o C estocado a longo prazo, na forma de matéria orgânica, foi contabilizado para o Balanço de GEE, conforme metodologia demonstrada por Resende *et al.* (2019) e detalhada a seguir. Para a estimativa do estoque de COT, foi necessário, em primeiro lugar, separar as árvores em diferentes partes (copa, tronco e raízes). A distribuição média da biomassa nas árvores de eucalipto e/ou do crédito de C, na forma de COT, foi considerada conforme a seguir: 12% na copa, 23% no sistema radicular e 65% no tronco (Paixão *et al.*, 2006; Reis, 2006; Gatto, 2011). Após isso, assumiu-se que a decomposição dos materiais vegetais deixados para trás no sistema produtivo, após a remoção do tronco das árvores (o destinado à indústria de serraria), seria de 40% e 20%, respectivamente, da biomassa remanescente abaixo do solo (sistema radicular) e da biomassa remanescente acima do solo (copa e galhos das árvores), consequentemente, convertidos na forma de COT (Shepherd & Montagnini, 2001; Schroth *et al.*, 2002; Nair *et al.*, 2009). Dessa forma, o valor de COT que será utilizado neste ensaio de cenários será de 2,83 Mg. CO₂e ha⁻¹ a⁻¹ (ou, aproximadamente, 17,85% da média apurada na bibliografia consultada, de 15,88 Mg.CO₂e ha⁻¹ a⁻¹).

10.3.5. Balanço de GEE de origem animal por ha

Após os cálculos e as estimativas preparatórias, pode-se estimar o Balanço de GEE por ha:

a) *déficit* de 2,85 Mg.CO₂e ha⁻¹ a⁻¹ *, para a pecuária em monocultura da BHRP; (“zero” Mg. CO₂e ha⁻¹ a⁻¹, sequestro de COT proveniente das árvores, subtraído de 2,86 Mg.CO₂e ha⁻¹ a⁻¹, emissão total de origem animal, conforme item 10.3.1.)

b) *déficit* de $0,02 \text{ Mg.CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, para a pecuária em SSP da BHRP ($2,83 \text{ Mg.CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, sequestro de COT proveniente das árvores conforme item 10.3.4, subtraído de $2,86 \text{ Mg.CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, emissão total de origem animal, conforme item 10.3.1.). Esse resultado mostra que somente o COT proveniente das árvores do SSP foi suficiente para neutralizar 99,3% das emissões de origem animal da BHRP. É importante destacar que os valores utilizados para o sequestro de C (COT) se referem a dados somente do componente florestal do sistema, ou seja, as árvores. Para esse cálculo, o potencial incremento de C proveniente da pastagem não foi utilizado, devido à dificuldade de encontrar estudos em quantidade e condições semelhantes à área de Estudo de Caso.

Pesquisas futuras devem considerar os dois componentes do sistema (árvores + pastagem), permitindo que o SSP expresse um potencial ainda maior. Por exemplo, pode-se citar o trabalho de Salton *et al.* (2011), em que o incremento do COT proveniente de pastagem, em 3 *sites* de clima tropical brasileiro (Dourados, Maracaju e Campo Grande, no Estado do Mato Grosso do Sul), para manejo de bovinos de corte com capim permanente (*Brachiaria brizantha*), e o resultado obtido foi de $1,39 \text{ Mg.CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$.

10.4. Cenários: conversão das pastagens em monocultura para SSP

A construção dos cenários foi modelada por meio de uma possível, e desejada, reversão da degradação da cobertura e uso do solo, através da conversão de sistemas de pecuária em monocultura para o SSP. Os dados foram escalonados de forma linear, a partir da área total da classe de pastagem ($522,93 \text{ Km}^2$, ou 52.293 ha). Para o Cenário 1, foram assumidos os valores de conversão de 0-10% ²¹, para o Cenário 2 de 10- 20%, e assim por diante até atingir 100%, conforme mostra a Tabela 4, a seguir.

²¹ Os dados do *Sensu* Agropecuário 2017 mostram que as cidades no entorno da BHRP possuem, aproximadamente, 0,5% de Sistemas Agroflorestais. Dessa forma, para o Cenário 1, foi assumida a conversão de sistemas de pecuária em monocultura para o SSP na ordem de 0 para 10%.

Tabela 4: Ensaio de cenários para a conversão das pastagens em monocultura para o Sistema Silvipastoril na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.

Cenários: conversão das pastagens em monocultura para Sistema Silvipastoril													
Área total da bacia ¹		(ha)	125.676	Cenários com variação no percentual de pastagem convertida de sistemas em monocultura para silvipastoril									
Área de pastagem ²		(ha)	52.293										
Aumento de silvipastoril ³		(%)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
		(ha)	5.229	10.459	15.688	20.917	26.147	31.376	36.605	41.834	47.064	52.293	
Margem Bruta incremental ⁴		(R\$/ha/ano)	R\$3.364.270	R\$6.728.540	R\$10.092.810	R\$13.457.081	R\$16.821.351	R\$20.185.621	R\$23.549.891	R\$26.914.161	R\$30.278.431	R\$33.642.702	
Investimento na introdução SSP ⁵		(R\$/ha)	R\$9.804.938	R\$19.609.875	R\$29.414.813	R\$39.219.750	R\$49.024.688	R\$58.829.625	R\$68.634.563	R\$78.439.500	R\$88.244.438	R\$98.049.375	
Retorno por cada R\$ investido ⁶		para o ciclo de 15 anos	R\$5,15	R\$5,15	R\$5,15	R\$5,15	R\$5,15	R\$5,15	R\$5,15	R\$5,15	R\$5,15	R\$5,15	
Balanco GEE	Rebanho ⁷		(ha)	4.968	9.936	14.904	19.871	24.839	29.807	34.775	39.743	44.711	49.678
	Emissão animal ⁸		(Mg CO ₂ e ha ⁻¹ a ⁻¹)	-14.904	-29.807	-44.711	-59.614	-74.518	-89.421	-104.325	-119.228	-134.132	-149.035
	Sequestro de Carbono ⁹			14.799	29.598	44.397	59.196	73.995	88.794	103.592	118.391	133.190	147.989
	Balanco de GEE ¹⁰			-105	-209	-314	-418	-523	-628	-732	-837	-941	-1.046
	Animais neutralizados ¹¹		(cab.)	-4.933	-9.866	-14.799	-19.732	-24.665	-29.598	-34.531	-39.464	-44.397	-49.330
	Rebanho neutralizado ¹²		(%)	-99,30%	-99,30%	-99,30%	-99,30%	-99,30%	-99,30%	-99,30%	-99,30%	-99,30%	-99,30%

¹ Fonte: SIGA/Ceivap, 2010. Melhor descrito o item 10.1. no corpo da Tese;

² Fonte: SIGA/Ceivap, 2010. Melhor descrito o item 10.1. no corpo da Tese;

³ O ensaio de cenários foi modelado com o aumento linear de 10% de área de Sistema Silvipastoril. Melhor descrito o item 10.4. no corpo da Tese;

⁴ A Margem Bruta incremental (R\$/ha/ano), obtida a partir do valor de R\$ 1.139,52/ha/ano (média obtida pelas duas áreas experimentais de SSP), posteriormente abateu-se: R\$ 351,66/ha/ano (CEPEA MG), e R\$ 144,51/ha do custo financeiro da introdução do SSP. Melhor descrito o item 10.2. no corpo da Tese;

⁵ Segundo Resende *et al.* (2017), o custo de implementação do SSP foi de R\$ 1.500,00/ha; esse valor foi corrigido pelo IGP-M (FGV) multiplicado pelo número de meses desde a coleta dos dados;

⁶ Para o cálculo do índice de Retorno por cada Real investido, o item 4 (Margem Bruta incremental) foi multiplicado pelo período de 15 anos (ciclo para colheita da madeira); posteriormente dividido pelo item 5 (Investimento na introdução SSP);

⁷ O rebanho de gado foi obtido multiplicando a área de Sistema Silvipastoril aumentada por 0,95 (taxa de lotação média dos municípios no entorno da bacia hidrográfica da área de Estudo de Caso, segundo o Censo Agropecuário - IBGE, 2017);

⁸ A emissão total por cabeça utilizada foi de 3,00 Mg CO₂e cab.⁻¹ a⁻¹. Melhor descrito o item 10.3.1. no corpo da Tese;

⁹ O sequestro de Carbono Orgânico Total (COT) foi de 2,83 Mg CO₂e ha⁻¹ a⁻¹. Melhor descrito o item 10.3.2. no corpo da Tese;

¹⁰ Resultado do Balanco de Gases de Efeito Estufa de origem animal, ou seja: resgate de carbono (COT), menos emissões relacionadas ao metano entérico (CO₂e), menos emissões relacionadas à excreta bovina (CO₂e). Melhor descrito o item 10.3.1 no corpo da Tese;

¹¹ O número de animais neutralizados foi obtido dividindo-se o valor do sequestro de carbono pelo valor da emissão animal;

¹² O percentual do rebanho neutralizado foi obtido pela divisão do número de animais neutralizados pelo rebanho.

Fonte: Autoria própria (2019).

Pode-se observar, na Tabela 4, que um expressivo resultado na dimensão ambiental também ocorreu com a maior presença de biomassa, proveniente do componente arbóreo inserido no sistema produtivo, fato que potencializou o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, a remoção de C da atmosfera. Neste ensaio, foram removidos entre 14.799 (Cenário 1) e 147.989 (Cenário 10) Mg.CO₂e ha⁻¹ a⁻¹, neutralizando, assim, 99,30% das emissões de origem animal (ou 99,30% das emissões da porteira para dentro da fazenda, uma vez que o gado é criado a pasto).

Já na dimensão econômica, ocorreu um importante avanço na Receita Bruta incremental, ou seja, somente a receita adicional, já excluídos os custos de implementação e manutenção do SSP, perfazendo um montante entre 3,3 (Cenário 1) e 33,6 milhões de reais (Cenário 10). Contudo, no que tange ao aumento da lucratividade, o fato mais importante que deve ser valorizado é o grande salto da Receita Bruta (R\$/ha/ano) em 324%, passando de R\$ 351,66 (Cepea, MG) para R\$ 1.139,52/ha/ano (média obtida pelas duas áreas experimentais de SSP).

Nessa perspectiva, pode-se visualizar, na Tabela 3, que a margem da pecuária em monocultura (R\$ 320,61 e R\$ 351,66/ha/ano, respectivamente, para Cepea-BR e Cepea-MG) é muito inferior quando comparada aos principais produtos nacionais (soja, milho, cana-de-açúcar, florestas plantadas, entre outros), podendo-se citar o valor de R\$ 1.275,06 /ha/ano, para a média dos 6 principais centros produtores do sistema soja sucedido de milho na 2ª safra. Esse desnivelamento econômico traz externalidades que vão além da deficiente lucratividade do setor, fragilizando as dimensões sociais e ambientais e, em um contexto mais amplo, reforçando o lugar periférico ocupado pela atividade da pecuária.

Contudo, a média obtida pelas duas áreas experimentais de SSP nesta pesquisa demonstrou que a migração de sistemas de pecuária em monocultura para o SSP sinalizou um potencial de elevação a Receita Bruta para R\$ 1.139,52/ha/ano (média obtida pelas duas áreas experimentais de SSP), aproximando, em muito, a da soja e milho, posicionando-se como um dos sistemas produtivos alternativos, capaz de proporcionar mais dignidade para a pecuária brasileira. Na dimensão social, esse expressivo aumento da Receita Bruta tem o potencial de melhorar a qualidade do emprego gerado (aspecto 7 da Tabela 1) e incrementar a oferta dos serviços básicos de saúde e saneamento para a mão de obra local (aspecto 5 Tabela

1). Por outro lado, uma possível expansão dos sistemas de pecuária em monocultura para o SSP irá gerar investimentos para o plantio, colheita, manutenção, processamento e transformação da madeira e venda dos produtos na BHRP, favorecendo toda a comunidade local por meio da abertura de novos postos de trabalho. Consequentemente, o SSP, se bem manejado, tem o potencial de contribuir nas três dimensões da sustentabilidade para a BHRP: ambiental, social e econômica.

No que diz respeito às extrapolações financeiras, os cálculos utilizados demonstram que, para cada R\$ 1,00 investido na conversão de sistemas de pecuária em monocultura para o SSP, R\$ 5,15 são gerados de Margem Bruta incremental. Nesse momento, torna-se necessário fazer uma salvaguarda sobre a taxa de Retorno por cada Real investido (Tabela 4, item 6). De acordo com a metodologia do Cepea, esse indicador pode ser calculado considerando a relação entre 3 composições de custos possíveis:

- a) Custo Operacional Efetivo, abrangendo o custo administrativo, impostos, manutenção, combustíveis, insumos, mão de obra, assistência técnica, medicamentos, suplemento mineral, aquisição de animais, entre outros;
- b) Custo Operacional Total, sendo o Custo Operacional Efetivo + Depreciações;
- c) Custo Total, formado pelo Custo Operacional Efetivo + Depreciações + Remuneração sobre o Capital Investido + Custo de Oportunidade da Terra.

A estimativa sobre a média do Custo Operacional Efetivo é realizada a partir de um determinado pacote tecnológico pré-definido, homogêneo para todos os perfis de estabelecimentos rurais, consistindo em uma atividade relativamente simples e com margem de erro aceitável, apresentando consistente aplicação no meio técnico e científico. Mas, por outro lado, estimar os valores para o Custo Operacional Total e o Custo Total envolve a complexa tarefa de calcular o valor total investido e imobilizado em todas as propriedades rurais da BHRP que, por si só, seria tema suficiente para outra Tese de doutorado. Esse fato ocorre, pois cada propriedade da BHRP é única, com um amplo gradiente de fertilidade da terra, qualidade da pastagem, topografia, logística para escoamento de produtos, acesso a água, instalações de manejo (ie: curral, brete, balança, ordenhas, cochos de mineralização), infraestrutura (ie: casas, galpões, almoxarifados, cercas, quantidade de piquetes), equipamentos (ie: tratores, implementos agrícolas, equipamentos

diversos, ferramentas de manejo da pastagem e rebanho) e do valor do estoque do rebanho.

Os somatórios desses fatores tornam difícil a generalização do valor patrimonial investido nesses estabelecimentos rurais, fato imprescindível para a estimativa dos valores médios sobre as Depreciações, Remuneração sobre o Capital Investido, Custo de Oportunidade da Terra. Consequentemente, esta Tese utilizou o Custo Operacional Efetivo para calcular a taxa de retorno por Real. Porém, a fim de trazer algum exemplo do potencial do Sistema Silvipastoril na BHRP, após essas deduções financeiras complementares, Resende (2016) apresentou dados utilizando a mesma metodologia do Cepea em sistema produtivo similar ao das fazendas pesquisadas PPSP-1 e PPSP-2. Os valores obtidos para a taxa de retorno por cada Real investido foram de: R\$ 4,25/ano utilizando o Custo Operacional Efetivo, R\$ 2,87/ano utilizando o Custo Operacional Total e R\$ 1,10/ano utilizando o Custo Total, o que configura uma atrativa taxa de retorno sobre o capital investido.

Apesar de ficar claro não ser viável que 100% das pastagens sejam convertidas para o SSP, sua base de resultados (econômicos, ambientais e sociais) pode ser utilizada para reflexão do potencial que o melhor aproveitamento dessa área degradada pode proporcionar (conforme fundamentado anteriormente, aproximadamente 70% das pastagens está degradada). Vale enfatizar que um projeto que visa a atender uma extensão de área dessa dimensão não deveria focar somente em uma solução ou em um único sistema produtivo. Por conseguinte, o mais sensato é ter várias opções viáveis a serem selecionadas de acordo com as características específicas de cada *site*, bem como de acordo com a vocação de cada produtor rural. No intuito de prestar uma contribuição inicial nessa direção, o item 10.2., Limitações e futuras pesquisas, sugere outras possibilidades de sistemas produtivos que podem ser explorados nessa bacia hidrográfica e/ou paisagem.

O próximo item desta Tese (10.5.) apresenta a seguinte discussão: se o leite, a carne e os derivados podem deixar de ser meramente designados como *commodities* ou se, principalmente no momento atual, o surgimento de produtos com responsabilidade ambiental, social e econômica pode sinalizar para uma nova relação entre todos os atores da cadeia produtiva (produtor rural, intermediário, indústria, distribuidor e consumidor final). Para concluir este parágrafo, fica uma reflexão que será melhor abordada a seguir “nem toda a carne é igual e nem todo leite faz mal”.

10.5. Produtos diferenciados e não *commodities*

Conforme já visto anteriormente, o gado representa a maior fonte de proteína animal para a população mundial (carne, leite e derivados), com a monocultura sendo a base dos sistemas globais de produção animal (tanto para gado a pasto quanto para fornecer os grãos necessários para o confinamento). Se, por um lado, a monocultura é um sistema de uso do solo que foca na produção de uma única *commodities*, permitindo maior facilidade para a produção em escala de mercadorias (específicas e preferenciais), ela também pode causar vários custos ambientais, como contaminação dos recursos hídricos devido ao uso excessivo de fertilizantes e pesticidas industriais, perda de solo por processos erosivos, desequilíbrio nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), expansão de áreas de produção sobre florestas nativas e perda de biodiversidade (Rockström, 2015; Strassburg *et al.*, 2014). Entre todas as fontes de proteína animal (bovinos, bubalinos, equinos, caprinos, ovinos, suínos, aves, peixes, entre outros), a produção de gado envolve o uso mais intensivo de recursos naturais. (Streck *et al.*, 2018)

Em resposta ao desafio de mudar para aumentar a produção de carne bovina e, ao mesmo tempo, mitigar os impactos ecológicos associados, várias propostas foram feitas para desenvolver e apoiar a cadeia produtiva da pecuária no Brasil (Bungenstab & Almeida, 2014; Paciullo *et al.*, 2010). Savory e Butterfield (2016) afirmam que o bom manejo dos animais deve começar com um bom plano de pastoreio, permitindo maior vitalidade para todo o sistema. Ao privilegiar o metabolismo mais eficiente e a revitalização das plantas forrageiras, ocorre a melhora da produção de carboidratos (que, nesse ambiente produtivo, ou “*micro-ecossistema-produtivo*”, é feito quase que, exclusivamente, pela pastagem), os quais fornecem nutrição para toda a macro e microbiologia local, criando um ciclo de vitalidade. Ainda segundo Savory e Butterfield, esses carboidratos nutrem uma rica biodiversidade que vive abaixo do solo, duas vezes mais numerosa do que os seres que vivem acima do solo (composta por fungos, bactérias, patógenos, fixadores de nitrogênio, decompositores, micorrizas, entre outros) e que são a base alimentar de toda a cadeia trófica (minhocas, insetos, pequenos roedores, aves até chegar ao carnívoro, que ocupa o topo dessa cadeia) desse “*micro-ecossistema-produtivo*”.

Nessa perspectiva, e como mostrado no capítulo 7 desta pesquisa, intitulado Resultados, a introdução do SSP, por si só, não será capaz de recuperar as pastagens degradadas da BHRP, e, para isso, também será necessário que haja uma evolução de boas práticas relacionadas ao manejo adequado das pastagens. Seguindo essa lógica, o SSP é uma das muitas ferramentas da pecuária sustentável, também conhecida como pecuária regenerativa. Prática baseada na premissa de que os herbívoros desempenham um papel importante no equilíbrio dos ecossistemas, por meio de podas de pastagens, replicando a história de sucesso do período anterior à domesticação desses animais (Savory & Butterfield, 2016), quando esses animais eram responsáveis por podar os campos nativos em movimentos migratórios, potencializando a vitalidade por meio da renovação da forragem natural. Para isso, os homens devem ter um entendimento holístico da pecuária e inserir o gado como elemento para a revitalização dos ecossistemas. A recuperação de pastagens degradadas por meio da associação do SSP e o manejo regenerativo das pastagens podem contribuir para a melhoria da oferta de produtos ecológicos, no uso menos intensivo dos recursos naturais, e para um melhor equilíbrio entre os aspectos sociais e econômicos, completando as 3 dimensões da sustentabilidade.

Sistemas de produção modernos e inteligentes já estão disponíveis e podem desencadear um novo ciclo produtivo e sustentável para a pecuária, capaz de proporcionar uma relação mais harmoniosa entre homem e natureza, mesmo em regiões montanhosas desafiadoras, com menor potencial de mecanização e competitividade no agronegócio, como é o caso da BHRP e da paisagem dos Mares de Morros. No que diz respeito às três dimensões da sustentabilidade, existem múltiplos tipos de produtos provenientes da carne e do leite, alguns sustentáveis e muitos não. Devido a essa grande lacuna de sustentabilidade entre os sistemas produtivos (mais e menos sustentáveis), esses produtos não deveriam ser considerados como *commodities*, pois: “*nem toda a carne é igual e nem todo leite faz mal*”.

10.6. Consumo local e comportamento do consumidor

Cada vez é mais relevante o movimento de consumir produtos locais, envolvendo uma importante discussão ambiental, social e econômica. Nesse contexto, a comida é um dos principais temas e, entre os motivos que sugerem

priorizar o consumo de produtos locais, estão: a menor emissão de gases de efeito estufa com a logística, pois aquele alimento não precisa viajar distâncias muito longas para o consumo; promoção da economia local, fortalecendo a comunidade por meio da geração de trabalhos em sua cidade e região; e consumo de produtos mais frescos e saudáveis. Além desses, existe a real possibilidade de uma conexão direta entre o produtor rural e o consumidor. Com o desenvolvimento dos telefones celulares (conectados à Internet), ocorreu a explosão de aplicativos e redes sociais com a capacidade de revolucionar a estrutura comercial do alimento. Esse novo formato, além de possibilitar a eliminação de intermediários na cadeia produtiva, trazendo, assim, maior dignidade e lucratividade para o produtor rural, também possibilita que o consumidor possa conhecer, de perto, a forma pela qual seu alimento é produzido, facilitando a certificação pessoal da qualidade e a sanidade do que ele serve à mesa de sua casa.

“As oportunidades de negócio para empreendimentos que entendam esse novo momento econômico são muitas; portanto, cabe às empresas selecionar e adaptar as tecnologias desenvolvidas pelas instituições de pesquisa às necessidades do mercado”: Desenvolvimento sustentável significa suprir as necessidades do presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprirem as próprias necessidades.

Dessa forma, questiona-se: quais são os bons negócios de um mundo que esquentará? O mundo da “Economia verde” ou “Economia de baixo carbono” pode ser tão rentável ou mais rentável do que o mundo alimentado pelo combustível fóssil.

Vale assinalar que o Brasil é um dos raríssimos países do mundo em que a economia é mais competitiva nesse cenário de mudanças climáticas pois sua agropecuária tem alto potencial de produzir alimentos e sequestrar C ao mesmo tempo; por isso, sua população tem mais a ganhar do que a perder nessa nova realidade, visto que pode gerar produtos e serviços mais competitivos do que outros países na Economia de baixo carbono do que na atual.”²²

Dentro da economia de baixo carbono, nasce, na agropecuária, uma nova geração de produtos com um balanço ambiental mais aceitável. Técnicas com o SSP, o cultivo mínimo do solo e o plantio de precisão têm proporcionado aumentos significativos de produtividade e redução da “pegada ecológica”. (Resende *et al.*, 2016)

²² RESENDE, Leonardo. **Negócios & Meio Ambiente**. 3. ed. 2015. Fazenda Triqueda. Disponível em: <http://www.fazendatriqueda.com.br/produtos/artigos-tecnicos>. Acesso em: 19 set. 2019.

O Brasil é considerado um dos melhores locais do mundo para o desenvolvimento de florestas de ciclo curto, pode-se citar alguns motivos para isso, tais como: alto investimento em pesquisa e desenvolvimento genético, especialização operacional com a adoção de pacotes tecnológicos de plantio diferenciado, o clima tropical úmido, ou seja, temperaturas e solos férteis adequados além de uma grande extensão territorial, proporcionando assim um crescimento três vezes maior do que os países temperados.

As florestas plantadas manejadas para serraria contribuem para mitigação das mudanças climáticas, pois, por ser uma fonte renovável de madeira, diminuem a pressão sobre as matas nativas e, ainda, tem o diferencial de agregar o sequestro de carbono ao ciclo de vida de seus produtos.

Com o aumento da regulamentação e restrição do uso de madeira provenientes de florestas nativas, o mercado de madeira serrada se mostra com maior potencial de valorização. Este fato é reforçado por seu apelo ambiental devido ao fato de suas árvores realizarem o sequestro de carbono.²³

Nota-se uma relevante mudança no comportamento para tomada de decisão de compra, em um mundo moderno, no qual cada vez mais o consumidor quer saber de onde veio e de que maneira foi produzido o alimento que irá consumir. Esse consumidor possui duas motivações especiais para escolher bem seus fornecedores: garantir um modo de vida saudável e conjugar a produção de alimentos com conservação do meio ambiente.

10.7. Instrumentos de apoio ao SSP

O SSP é classificado pelo Governo Federal como uma Atividade de Economia de Baixa Emissão de Carbono e integra o Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas, também conhecido como Plano Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC, 2012). O Brasil assumiu um compromisso voluntário de reduzir suas emissões de gases do efeito estufa entre 36,1% e 38,9 até 2020 e, para isso, criou uma série de incentivos para essa prática, além de passar para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) o compromisso de liderar o desenvolvimento de tecnologias de produção sustentável no campo.

²³ RESENDE, Leonardo *et al.* **Sustentabilidade**: Tópicos da Zona da Mata Mineira. Juiz de Fora: Edição dos Autores, 2016. 73 p. Disponível em: <http://www.fazendatriqueda.com.br/produtos/artigos-tecnicos>. Acesso em: 19 set. 2019.

Enfatiza-se que uma das estratégias apoiadas pelo Plano ABC é a adoção, em larga escala, de sistemas de produção que contribuam para o sequestro de C, melhorando a eficiência ecológica na produção de alimentos, tais como: plantio direto de grãos, fixação biológica de nitrogênio e a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Para o gado, as estratégias da Embrapa incluem a redução da monocultura por meio de práticas de sistemas agroflorestais, especialmente o SSP, por meio da integração da produção pecuária com plantios comerciais de eucalipto. (Gouvello *et al.*, 2010)

O SSP é apontado pelo Plano ABC como uma das melhores formas de se obter sustentabilidade na pecuária, incremento de serviços ambientais e, para incentivar sua expansão, conta com condições especiais para a expansão do SSP, entre elas, destaca-se a taxa de juros subsidiada com prazo de pagamento em até 15 anos e a transferência de tecnologia gratuita da Embrapa.

11. Conclusões e Considerações finais

11.1. Conclusões

Os resultados desta pesquisa demonstram o alto potencial do SSP para recuperar as terras degradadas da BHRP, nas 3 dimensões da sustentabilidade. A integração de áreas produtivas de pecuária com florestas plantadas traz novas perspectivas para o segmento por meio do fornecimento de leite e carne com balanço ambiental eficiente, respeitando a capacidade de carga e resiliência do ecossistema local. O SSP também proporcionou uma elevação substancial da Receita Bruta, capaz de valorizar, financeiramente, o produtor local. Esse benefício tem o potencial de ser extrapolado para seus colaboradores diretos, utilizando-se de melhores condições de trabalho e propiciando uma menor desigualdade social.

Os cenários para a expansão do SSP sugerem, através da modelagem da pegada de carbono da BHRP, que é factível a produção de carne e leite com *superávit* de Carbono (sequestro > emissão), configurando-se em produtos altamente demandados pelo mercado consumidor. Nesse ensaio, foram removidas 99,30% das emissões da porteira para dentro da fazenda, ou para um rebanho de até 49.678 cab. Já na dimensão econômica, a Receita Bruta incremental triplicou, atingindo um potencial máximo de gerar 33,6 milhões de reais adicionais. Novamente, apesar de ficar claro não ser viável que 100% das pastagens sejam convertidas para o SSP, a base de resultados (econômicos, ambientais e sociais) desta pesquisa pode ser utilizada para reflexão do potencial que o melhor aproveitamento dessa área pode proporcionar. Portanto, apenas juntar duas espécies de monoculturas (*Brachiaria brizantha* e *Eucalyptus urograndis*) consiste somente no primeiro passo de uma longa escada de práticas regenerativas e agroflorestais. O SSP é uma opção entre outras possibilidades, sendo que o mais estratégico é a utilização de modelos inteligentes que valorizem os ciclos ecossistêmicos através de técnicas regenerativas. Tais práticas regenerativas são muito mais complexas, mas também proporcionam muito mais benefícios, encurtando o caminho para a obtenção de uma fonte de proteína animal segura (carne, leite ou derivados), capaz de mitigar as mudanças climáticas, de apoiar a sociedade no desafio da segurança

alimentar, bem como para a restauração de áreas degradadas. (Savory & Butterfield, 2016; Henfrey & Penha-Lopes, 2015)

Nesse contexto, é necessário ajustar a dinâmica da evolução e transformação da paisagem da BHRP e, porque não, para permitir algumas reflexões sobre toda a paisagem dos Mares de Morros, já que a área de Estudo de Caso é uma representante fiel dos desafios e oportunidades para essa importante paisagem brasileira, que ocupa 11,74% do território do Brasil (Ab'Saber, 2003). Percebe-se uma grande oportunidade de recuperar uma extensão de terras já antropizada, equivalente à soma das dimensões de Portugal, Espanha e França. Essa paisagem abriga 60% da população nacional, ou seja, aproximadamente, 125 milhões de habitantes concentra 70% do Produto Interno Bruto (PIB) e 2/3 da economia industrial do país. Se, de um lado, esse gigantesco mercado consumidor está ávido por produtos locais e que ajudem a preservar a natureza e diminuir as mudanças climáticas, de outro, a revitalização da produção de alimentos tem o potencial de diminuir a pressão da expansão agrícola sobre os biomas nativos.

11.2. Limitações e futuras pesquisas

Entre as limitações desta investigação e sugestão para futuras pesquisas, pode-se reforçar que esta Tese explorou somente a interação entre duas monoculturas (*Brachiaria brizantha* e *Eucalyptus urograndis*); por conseguinte, futuras pesquisas devem avaliar a utilização de produções com maior diversidade de espécies. Apesar de esta pesquisa ter tangenciado aspectos da agropecuária regenerativa, após a imersão proporcionada por este estudo, ficou claro que existe um enorme campo a ser explorado tanto para a produção animal, quanto para o cultivo de grãos, frutas, entre outros. Esse caminho passa pelo entendimento dos processos naturais e por técnicas que estimulam os ciclos de sucessão vegetal e interação animal por meio de processos sinérgicos, explorando, assim, uma longa escalada de práticas regenerativas e agrofloretais. Nesse contexto, os temas sugeridos para serem mais pesquisados são os seguintes:

- a) integração de múltiplas espécies de forrageiras da pastagem, o que vem sendo denominado de “*mix pastures*”, contribuindo para haver maior

diversidade do “*micro-ecossistema-produtivo*”, viabilizando a presença de maior diversidade na macro e micro biologia local;

b) integração entre animais de espécies distintas, com grande potencial para potencializar a fertilidade da terra, com plano de manejo rotacionado, em que todas as espécies de animais passam pela mesma área, mas em tempos distintos. Entre inúmeras possibilidades, aparece a integração do boi (como elemento mais tradicional da cultura local), do porco (esterco rico, o fósforo) e da galinha (esterco rico em nitrogênio, sendo que essa se alimenta da larva do berne do gado, que, além de ser um eficiente biocontrole natural, a larva é uma excelente fonte de proteína para as aves).

c) mais opções de SSP, que, além de poderem explorar maior diversidade de espécies de árvores, serão muito bem-vindas para a utilização de plantas arbustivas, proporcionando o terceiro extrato para o sistema produtivo (o primeiro seria a pastagem, o segundo as árvores e o terceiro os arbustos). Estudos com leguminosas, como é o caso da leucena (*Leucaena spp*), têm sido bem avaliados, pois essa fixa o nitrogênio no solo e, ao mesmo tempo, serve de fonte de alimento para os animais).

d) como esta pesquisa considerou somente o sequestro de C proveniente das árvores do SSP, sugere-se que seja considerado o sequestro de C proveniente dos dois componentes do SSP (árvores e pastagem), permitindo que o SSP expresse um potencial ainda maior.

e) mais opções de agroflorestas, mesmo que sem a presença de animais, pois essas apontam para uma quebra de paradigma do modelo produtivo hegemônico, a monocultura, sinalizando para mais uma opção para a obtenção da sustentabilidade em suas 3 dimensões: social, ambiental e econômica.

Neste momento, vale a seguinte reflexão: a mais simples integração de sistemas de produção múltipla é muito mais complexa e desafiante do que a monocultura com maior grau de sofisticação. Gerenciar dois, três ou mais elementos produtivos (produção múltipla), obtendo o equilíbrio necessário para que todos os seus elementos possam ter desempenhos satisfatórios, configura-se no ponto-chave do sucesso dos projetos visitados durante as pesquisas de campo. Nessa perspectiva, seria já um grande passo a simples comparação entre as fazendas (2 tipos de fazenda com pastagem em monocultura), conforme a seguir:

f) a comparação entre as fazendas de monocultura: manejo tradicional e que apresentam algum estágio de degradação *versus* as fazendas de manejo regenerativo e que representam um potencial avanço na conservação dos solos e do todo o “*micro-ecossistema-produtivo*”.

g) futuras análises financeiras deveriam contemplar os custos relativos às Depreciações, ao Custo de Oportunidade da Terra e ao Custo do Capital Investido, no cálculo do índice de Retorno por Real investido.

Por fim, a metodologia utilizada para esta Tese foi elaborada com especial atenção de permitir uma fácil replicação; para isso, foram utilizados muitos dados públicos gratuitos e de fácil acesso (Ceivap, Esalq/USP, IBGE, Embrapa, IPCC, entre outros). O uso de ferramentas de diagnóstico mostrou ser eficiente e deve ser incentivado para facilitar o processo de transição sustentável na cadeia produtiva da pecuária. O ISA-Indicador de Sustentabilidade de Agroecossistemas e o ISA-Pecuária (desenvolvidos neste estudo) podem ser aplicados em diferentes tipos de paisagens e contextos e, se necessário, permitem ajustes para atender a particularidades especiais.

Essas ferramentas de pesquisa são de baixo custo, são fáceis de implementar e abrangem múltiplas finalidades produtivas, desde agricultura de subsistência até grandes áreas de produção. Como a BHRP é uma área core da paisagem dos Mares de Morros e, por isso, representa uma parcela amostral bem representativa dos desafios e das oportunidades da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (56.500 km²), bem como de toda a Paisagem dos Mares de Morros (1.000.000 km²), sugere-se que futuros estudos possam abordar uma área mais ampla nesse contexto, talvez, utilizando a mesma base de dados pública e gratuita usada pelo autor desta Tese.

11.3. Considerações finais

Vivemos, ao longo de toda nossa existência, utilizando um modelo exploratório/extrativista dos recursos naturais de que o planeta dispõe. Como os recursos eram abundantes, o foco do ser humano foi sempre tirar o máximo de recursos com o menor custo possível. Agora, o homem depara-se com um novo paradigma, no qual o grande desafio é mudar esse modelo econômico de exploração para que possamos mitigar o impacto ambiental e as mudanças climáticas. Os

parâmetros da ONU sobre a saúde dos ecossistemas mostram que a degradação ambiental é um processo antrópico, apontando para uma tendência progressiva e sistêmica, sendo que 1% dos solos do mundo é degradado a cada ano.

Conforme mencionado no Capítulo 2 (Origem e evolução geomorfológica da paisagem dos Mares de Morros), a paisagem geográfica dos “Mares de Morros” foi o primeiro espaço ocupado pelos colonizadores no Brasil, no início do século XVI, passando pelos ciclos econômicos da extração de madeira, sucedido pela cana-de-açúcar, mineração, café e pecuária. Durante o século XX, com o declínio da cultura cafeeira e o apoio de programas governamentais, foi incentivada a substituição dos pés de café pelo plantio de pastagem para criação de gado, tornando a BHRP uma importante bacia leiteira.

A dinâmica de transformação da paisagem proporcionou grande perda dos serviços ecossistêmicos ao longo de toda a colonização europeia até os dias de hoje, a matriz extrativista-entrópica utilizada gerou o esgotamento do capital natural mais rápido do que sua capacidade de regeneração, sendo que 93% da Mata Atlântica tiveram sua cobertura florestal desmatada²⁴. Devido à abundância de terras do país e à falta de conscientização e profissionalização, a realidade da pecuária segue o mesmo caminho e, hoje, 70% das pastagens apresentam algum grau de degradação (Assad, 2016). A menor produtividade das pastagens degradadas agrava a decadência econômica do setor, a piora das condições sociais e de emprego da comunidade local.

A transferência da capital do Rio de Janeiro, localizada nos Mares de Morros, para a cidade de Brasília, localizada no Cerrado, sinalizou a estratégia do governo de privilegiar ações de desenvolvimento agropecuário para regiões mecanizáveis, mais planas e produtivas. Com isso, grandes glebas de terra de topografia ondulada perderam, parcialmente, sua importância econômica no agronegócio e entraram em um processo de decadência acentuado, como é o caso dos Mares de Morros e da BHRP. Essa paisagem se encontra em uma longa fase de transição sem uma vocação estratégica definida no que diz respeito aos serviços sociais, ambientais e econômicos. A alta declividade é um fator adicional de risco ambiental, visto que proporciona maiores possibilidades de processos de lixiviação,

²⁴ ALIANÇA para a Conservação da Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.aliancamataatlantica.org.br/?p=47>. Acesso em: 29 mar. 2017.

erosão e deslocamento de massas (Ab'saber, 1966; Dean, 1995; Lamego, 1963), fazendo da reversão/revitalização desse cenário/realidade um complexo desafio.

Todavia, as condições ecológicas dessa área não podem ser desconectadas de uma falta de projetos e iniciativas competentes do ponto de vista político-administrativo dos governantes, que, até o presente momento, não conseguiram implementar estratégias capazes de propiciar um novo ciclo produtivo para essa importante paisagem.

O desenvolvimento de uma economia sustentável deve envolver todos os atores da sociedade, não sendo essa somente uma atribuição das Universidades, indústrias, agronegócio e dos políticos. Entre outros fatores, é essencial que o cidadão comum se envolva no processo, exercendo seu direito de escolha no momento da tomada de decisão de compra. A pressão dos consumidores na “gôndola do supermercado” é um dos vetores com maior chance de acelerar essa transformação necessária. Nesse aspecto, a educação ambiental pode ser uma grande plataforma de mudança em busca de um melhor equilíbrio na relação do consumo, proporcionando maior resiliência e vitalidade aos recursos naturais.

Finalmente, os resultados desta pesquisa mostraram que, entre outras possibilidades, o SSP possui um alto potencial para recuperar as terras degradadas da BHRP, nas 3 dimensões da sustentabilidade. Como esta pesquisa obteve resultados bem-sucedidos em paisagens montanhosas, com alta declividade e baixa produtividade, espera-se que, em áreas de topografia mais favoráveis, o benefício seja ainda maior, sinalizando uma opção que vai além dos limites geográficos da BHRP. Esse fato sinaliza o potencial da pecuária brasileira, a qual, se for bem direcionada, possibilitará a preservação do meio ambiente e, ao mesmo tempo, a geração negócios lucrativos, como é o caso dos SSP.

12.

Referências bibliográficas

AB’SÁBER, A. N. O domínio dos “Mares de Morros” no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 2, p. 1-9, 1966.

AB’SÁBER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas no Brasil. **Orientação**, São Paulo, n. 3, p. 45-48, 1967.

AB’SÁBER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê, 2003.

AGEITEC. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html. Acesso em: 15 ago. 2017.

AGEVAP. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo. **Caderno de Ações Bacia do Rio Paraibuna**. Relatório Contratual R-10. Elaboração: Fundação COPPETEC Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente.

ALIANÇA para a Conservação da Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.aliancamataatlantica.org.br/?p=47>. Acesso em: 29 mar. 2017.

ALMEIDA, R. G. *et al.* Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL. 2010. **Anais...** v. 7, p. 1-10, 2010.

ALMEIDA, R. G. *et al.* Brazilian agroforestry systems for cattle and sheep. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v. 1, n. 2, p. 175-183, 2013.

ALMEIDA, R. G. Instituto de Estudos Pecuários (Iepec). **Recuperação de pastagens: um desafio nacional. A recuperação de pastagens degradadas pode ampliar o potencial produtivo da pecuária**. 2016. Disponível em: <http://iepec.com/recuperacao-de-pastagens-um-desafio-nacional/>. Acesso em: 10 out. 2018.

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A. Documento 210. **Carbon Neutral Brazilian Beef: A New Concept for Sustainable Beef Production in the Tropics**. Embrapa - Brazilian Agricultural Research Corporation – Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply. Brasília: Embrapa, 2015.

ANDRADE, H. J.; BROOK, R.; IBRAHIM, M. Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. **Plant and Soil**, v. 308, n. 1-2, p. 11-22, 2008.

APROSOJA. **Associação de Produtores de Soja do Brasil**. Disponível em: <http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/uso-da-soja/>. Acesso em: 15 ago. 2017.

ARAUJO, M. L. M. N. Impactos ambientais nas margens do Rio Piancó causados pela agropecuária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 4, n. 1, p. 13-33, jan./dez. 2010.

ASSAD, E. D. **Sumário Executivo: intensificação da pecuária brasileira: seus impactos no desmatamento, na produção de carne e na redução de emissões de gases de efeito estufa**. São Paulo, SP: EESP/FGV – Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 2016. 23 p.

AXIMOFF, I.; RODRIGUES, R. C. Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 83-92, jan./mar. 2011.

BEDDINGTON, J. *et al.* **Achieving food security in the face of climate change: Summary for policy makers from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change**. Copenhagen: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), 2011.

BERGALLO, H. G. *et al.* **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. v. 1.

BERQUE, A. Paisagem Marca, Paisagem Matriz: elementos da problemática para uma geografia cultural. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Orgs.). **Paisagem, Tempo e Cultura**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998. p. 84-91.

BESSE, J. M. Entre a geografia e a ética: a paisagem e a questão do bem-estar. Trad. Eliane Kuvashy e Mônica Balestrin Nunes. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 241-252, maio/ago. 2014.

BESSE, J. M. **O gosto do mundo: exercícios de paisagem**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2014.

BÊZ, M; FIGUEREDO, L. C. Algumas reflexões acerca da geografia socioambiental. **Geosul**, Florianópolis, v. 26, n. 52, p. 57-76, jul./dez. 2011.

BIGGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. G. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 16 e 17, 1965.

BIZZI, L. A. *et al.* **A Geologia do Brasil no Contexto da Plataforma Sul-Americana. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003.

BRAGA, L. T. P. **Mares de Morros – Espaços Geográficos: uma geografia alternativa**. Disponível em:

<http://www.ipef.br/PUBLICACOES/tecnica/nr30/cap7.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2016/17 a 2026/27**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Brasília: MAPA/SPA, 2017. 103 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica_. Acesso em: 29 mar. 2017.

BRUNDTLAND (1987). **Organização das Nações Unidas (ONU)**. Disponível em: <https://ambiente.wordpress.com/2011/03/22/relatrio-brundtland-a-verso-original/>. Acesso em: 7 maio, 2017.

BUNGESTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Embrapa Pecuária Sudeste; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. 239 p.

BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. **Integrated crop-livestock-forestry systems: a Brazilian experience for sustainable farming**. Brasília: Embrapa, 2014.

BURINGH, P. **“Organic carbon in soils of the world”. The role of terrestrial vegetation in the global carbon cycle: Measurement by remote sensing**. Disponível em: https://dgc.carnegiescience.edu/SCOPE/SCOPE_23/SCOPE_23_3.1_chapter3_91-109.pdf. Acesso em: 3 jun. 2017.

CASQUIN, A. P. **Fatores determinantes da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Preto (MG/RJ)**. 2016. 232 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico do Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia – PGECOL) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS. **Polo de Excelência em Florestas**. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=sistemas>. Acesso em: 20 mar. 2016.

CEPEA/CNA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB cadeias do agronegócio 4º semestre de 2016**. Disponível em: [www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Cadeias_2016\(1\).pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Cadeias_2016(1).pdf). Acesso em: 9 set. 2017.

CEPEA/CNA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Custos grãos. Sistema soja seguido de milho tem margem positiva, mesmo com quebra na segunda safra**. 2018. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0565339001535396345.pdf>. Acesso em: 9 set. 2019.

CEPEA. Centro de Pesquisas Avançadas em Economia Aplicada. **Informativo Cepea para Margem Bruta da Pecuária para a safra de 2017/1018**. Acesso Restrito. Piracicaba, 2019.

CETEC. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. Escala 1:600.000**. Belo Horizonte: CETEC, 2008.

CHAPELA, I. **Symphony of the Soils**, 2012. Disponível em: <http://www.symphonyofthesoil.com/>. Acesso em: 17 set. 2018.

CNA. Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB e Performance do Agronegócio – Balanço de 2016 e perspectivas de 2017**. Disponível em: www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/02_pib.pdf. Acesso em: 9 set. 2017.

CORDEIRO, L. A. M. *et al.* Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017.

CORREA, I. **Ciências Naturais. Teoria da Deriva Continental por Alfred Wegener**. Disponível em: <http://inescorreiacn.blogspot.com.br/search/label/teoria%20da%20deriva%20continental>. Acesso em: 28 maio, 2017.

COSGROVE, D. A Geografia está em toda a parte. *In*: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Orgs.). **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998. p. 92-123.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Schwarcz, 1995.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa, 2014.

DIEGUES, A. C. S. **O mito moderno da natureza**. 3. ed. São Paulo, SP: Editora da USP, 1996. [Hucitec – núcleo de apoio a pesquisas sobre populações humanas e áreas úmidas brasileiras].

DOBRAMENTOS MODERNOS GEO. 2010. Disponível em: <http://dobramentosmodernosgeo.blogspot.com.br/2010/07/as-altas-temperaturas-criam-as.html>. Acesso em: 16 nov. 2017

DOCUMENTO 189. **Degradação, recuperação e renovação de pastagem**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Embrapa Pecuária Sudeste; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012. 42 p.

DONG, H. *et al.* Emissions from livestock and manure management. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories** – IPCC. Agriculture, Forestry and Other Land Use, 2006. v. 4.

DUBE, F. *et al.* Productivity and carbon storage in silvopastoral systems with *Pinus ponderosa* and *Trifolium* spp., plantations and pasture on an Andisol in Patagonia, Chile. **Agroforestry Systems**, v. 86, n. 2, p. 113-128, 2012.

ENDICOTT, K. “Gender relations in hunter-gatherer societies”. In: LEE, R. B.; DALY, R. (Eds.). **The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 411-418.

EMBRAPA FLORESTAS. **Plataform, 2018. Sistemas Silvopastoris**. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/>. Acesso em: 13 fev. 2018.

EMBRAPA FLORESTAS. **Cálculo da densidade arbórea para diferentes arranjos de renques, simples ou múltiplos, em ILPF**. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://webmail.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=agrog::85>. Acesso em: 22 maio, 2017.

EMMONS, A. W.; ETHREDGE, R. **One thought on “Cows in the Woods”**, 2016. Disponível em: <http://www.soforest.com/news/blog/2016/01/12/cows-in-the-woods/>. Acesso em: 13 maio, 2018.

ENDICOTT, K. Gender relations in hunter-gatherer societies. In: LEE, R. B.; DALY, R. (Eds.). **The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 411-418.

FAO/IFAD/WFP. **The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international Hunger Targets: taking stock of uneven progress**. Rome: FAO, 2015.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Bacia do Paraibuna: enquadramento das águas**. Belo Horizonte: FEAM-MG, 1996. 44 p. (Relatório Técnico).

FERNANDES, M. R. **Minas Gerais: caracterização de unidades de paisagem**. Belo Horizonte: Emater-MG, 2013.

FERREIRA, J. M. L. *et al.* Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p. 12-25, nov./dez. 2012.

FERREIRA, A. Dominação e apropriação no espaço social: entre a ordem e a próxima ordem distante. In: ENCONTRO DA UGI, Buenos Aires, 2007. **Anais...** Buenos Aires, 2007.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: Ecology of Landscapes and Regions**. Cambridge: University Press – Text Book, 1995.

FREITAS, M. M. **Sobre rochas Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Andreia Jacobson, 2017.

GARCIA, R. *et al.* Sistemas Silvopastoris na Região Sudeste: a experiência da CMM. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003. **Anais...** Campo Grande, p. 23, 2003.

GARNETT, T. *et al.* Food systems and greenhouse gas emissions (Foodsource: chapters). **Food Climate Research Network**, University of Oxford, 2016.

GATTO, A. Carbon stock in the biomass of eucalyptus crops in central-east region of the state of Minas Gerais - Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4. 2011.

GEOPARANÁ. **Plano de recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <http://www.geoparana.com.br/servicos.php?s=37>. Acesso em: 30 mar. 2017.

GERBER, P. J. *et al.* **Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.

GHG. Protocol Agriculture Guidance, 2016. **Interpreting the Corporate Accounting and Reporting Standard for the agricultural sector**. World Resources Institute. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/agriculture-guidance>. Acesso em: 10 out. 2019.

GOMES, M. V. *et al.* Produção de serapilheira e teor de magnésio no solo sob um Sistema Silvopastoril sob diferentes espaçamentos de eucalipto. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. **Anais...** Belém, nov. 2011. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/cbsaf/dia-3-apresentaes-orais-apresentacao-rafael>. Acesso em: 10 out. 2018.

GOOGLE. **Google Earth**. Versão 7.3.2.5491. Imagens representativas e adaptadas para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna e as 6 fazendas participantes do Estudo de Caso da Tese de Doutorado intitulada “Pecuária sustentável nos Mares de Morros, estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna”, de Leonardo Oliveira Resende. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10 mar. 2018.

GOUVELLO, C. *et al.* **Brazil low carbon country Case Study**. Washington, DC: World Bank. 2010.

GTPS. Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável. **Guia de Indicadores da Pecuária Sustentável**. 2018. Disponível em: <http://www.gtps.org.br/wp-content/uploads/2015/09/Guia-de-Indicadores-da-Pecu%C3%A1ria-Sustent%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

GUIMARÃES, R. P. Desenvolvimento Sustentável: da retórica à reformulação de Políticas Públicas. In: BECKER, B.; MIRANDA, M. (Orgs.). **A Geografia Política do Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1997. p. 32-35.

HAESBAERT, R. **Viver no limite**: território e multi/transterritorialidade em tempos de in-segurança e contenção. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014a.

HAESBAERT, R. Território e multiterritorialidade em questão. In: HAESBAERT, R. **Viver no limite**: território e multi/transterritorialidade em tempos de in-segurança e contenção. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2014b. p. 53-86.

HARVEY, D. O espaço como palavra-chave. **Revista GEOgraphia**, Rio de Janeiro, UFF, v. 14, n. 28, p. 8-39, 2012.

HENFREY, T.; PENHA-LOPES, G. Permaculture and climate change adaptation: Inspiring ecological, social, economic and cultural responses for resilience and transformation. **East Meon**, Permanent Publications, 2015.

HOLLING, C. S.; BERKES, F.; FOLKE, C. **Linking Social and Ecological Systing**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

HOWLETT, D. S. *et al.* Soil carbon storage in silvopastoral systems and a treeless pasture in northwestern Spain. **Journal of Environmental Quality**, v. 40, n. 3, p. 825-832. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: SERGRAF, 1977.

IBGE. **Incorporaram as alterações de limites territoriais municipais ocorridas após o Censo Demográfico 2010 e praticadas nas Estimativas Populacionais Anuais no período de 2011 a 2017. Área total da superfície do Brasil**. Disponível em:

http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm. Acesso em: 7 jun. 2017.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, 2012. 271p. (Manuais Técnicos de Geociências, 1).

IBGE. **Atlas Escolar. A Terra**. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/a-terra.html>. Acesso em: 17 nov. 2017.

IBGE. **Malha Municipal 2015, Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao Milionésimo - BCIM 2010; SRTM – Relevo Sombreado**, 2000. Disponível em:

ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/divisao_regional/divisao_regional_do_brasil/divisao_regional_do_brasil_em_regioes_geograficas_2017/mapas/31_regioes_geograficas_minas_gerais.pdf . Acesso em: 6 set. 2018.

IEF. Instituto Estadual de Florestas. **Projeto de Proteção da Mata Atlântica de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, 2008.

ILPF. **Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF) em números**. Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Embrapa, 2016. Disponível em: <file:///C:/2%20-%20leo/10.1-%20doutorado/1%20pesquisa%20bibliografia%20correlata/2%20publicacoes%20de%20apoio/ILPF%20em%20numeros.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2017.

IMCBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/914-mata-atlantica-pode-sofrer-mais-perdas-com-mudancas-no-codigo-florestal>. Acesso em: 20 out. 2019.

INPE. Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (2013-2014) – Relatório Técnico**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica & INPE. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/>. Acesso em: 3 jun. 2017.

IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. In: PACHAUR, R. K.; MEYER, L. A. (Eds.). **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014.

IPCC. Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. **Millennium Ecosystem Assessment**. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html>. Acesso em: 5 abr. 2017.

JAMMADASS, R. *et al.* **Agroforestry, food and nutritional security. ICRAF Working Paper n. 170**. Nairobi: World Agroforestry Centre, 2013.

KAUR, B.; GUPTA, S. R.; SINGH, G. Carbon storage and nitrogen cycling in silvopastoral systems on a sodic in northwestern India. **Agroforestry Systems**, v. 54, n. 1, p. 21-29. 2002.

LAL, R. Carbon emission from farm operations. **Environ. Int.**, v. 30, p. 981-990. 2004.

LAMEGO, A. R. O homem e a serra. **Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, n. 8, p. 94-110, 1963.

LAWWER, L. A. *et al.* **The PLATES 2009**. Atlas of Plate Reconstructions (750 Ma to Present Day), PLATES Progress Report, n. 325-0509, University of Texas Technical Report, n. 196, 2009. p. 32.

LEEF, H. **Racionalidad Ambiental – La reapropiación social de la natureza.** México: Siglo XXI, 2004.

LÉFÈBVRE, H. **A produção do espaço.** Trad. Grupo “As (im)possibilidades do urbano na metrópole contemporânea” do Núcleo de Geografia Urbana da UFMG (do original: **La production de l'espace.** 4. ed. Paris: Éditions Anthropos, 2000). Primeira versão: início – fev. 2006, cap. I.

LÉFÈBVRE, H. **La presencia y la ausencia:** contribución a la teoria de las representaciones. Mexico, DF: Fondo de Cultura Economica, 2004. p. 166-210.

MACEDO, C. M. M. Pastagens no ecossistema cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

MACEDO, C. M. M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. In: SIMPÓSIO SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL. **Anais...** Editado por Vilela, Duarte; Martins, Carlos Eugênio; Bressan, Matheus e Carvalho, Limírio de Almeida. Embrapa Gado de Leite. p. 137-150. 1999.

MACHADO, P. J. O. **Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial – instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D’Uvas/MG.** 2012. 244 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MARQUARDT, B. Historia de la Sostenibilidad: um concepto medioambiental em la historia de la Europa Central (1000-2006). **Historia Crítica**, Bogotá, n. 32, p. 18-64, jul./dic. 2006.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil.** Trad. Flávia Anderson e Chris Hieatt. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas.** 1999. 208 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MASSEY, D. O sentido global do lugar. In: ARANTES, A. A. (Org.). **O espaço da diferença.** Campinas: Papirus, 2000. p. 177-185.

MDIC. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil. **Balança comercial: janeiro-dezembro 2016 – III Exportações: 2016/2015 – produtos: acumulado/mês.** Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano?layout=edit&id=2205f>. Acesso em: 9 set. 2017.

MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. AGB. **Terra Livre**, São Paulo, n. 16, p. 113-132, jan./jun. 2001.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Influence of tree species on the herbaceous understory and soil chemical characteristics in a silvopastoral system in semiarid Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, n. 23, p. 817-826, dez. 1999.

MENSAH, A. M.; CASTRO, L. C. Sustainable resource use & sustainable development: a contradiction. Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF). **Center for Development Research University of Born**, Born, p. 1-22, nov. 2004.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagem? **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, out. 2001.

MICCOLIS, A. *et al.* **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais**: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being**: Biodiversity Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.

MMA. **Mata Atlântica**. Disponível em: <https://mma.gov.br/component/k2/item/273-mata-atl%C3%A2ntica>. Acesso em: 20 out. 2019.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* **Hotspots Revisited**: Earth's Biologically Riches and Most Endangered Ecoregions. Mexico City: CEMEX & Agrupacion Sierra Madre, 2004. v. 1.

MIZUSAKI, A. M. P.; THOMAZ FILHO, A.; CESERO, P. Ages of the magmatism and the opening of the South Atlantic Ocean. **Pesquisas em Geociências**, v. 25, n. 2, p. 47-57, 1998.

MIZUSAKI, A. M. P.; KAWASHITA, K.; THOMAZ FILHO, A. Razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em sedimentos. Recentes implicações na datação radiométrica das rochas sedimentares. **Pesquisas em Geociências**, v. 25, n. 1, p. 75-88, 1998.

MMA BRASIL-PLATAFORM. Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica. Biomas**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>. Acesso em: 10 fev. 2018.

MORAES, M. A. **Conservação e manejo de Worsleyarayeri (*Amaryllidaceae*), uma espécie de campos de altitude ameaçada de extinção**. 2009. 111 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2009.

MOUSSINHO, M. R.; MOURA, J. R.; SILVA, T. O. Os “complexos de rampa” e a evolução das encostas no planalto sudeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 53, n. 3, Rio de Janeiro, 1981.

MÜLLER, M. D. *et al.* Estimate of biomass and carbon storage by an agrossilvipastoral system in the Zona da Mata. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 11-17, 2009.

MÜLLER, M. D. *et al.* **Economic analysis of an agrosilvipastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil**. Embrapa - Brazilian Agricultural Research Corporation – Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply. Brasília: Embrapa, 2011.

MÜLLER, M. D. *et al.* Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta como alternativa para produção pecuária leiteira sustentável em áreas declivosas. *In*: MARTINS, P. do C. *et al.* **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: desafios e perspectivas**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Embrapa, 2015. p. 343-386.

NAIR, P. K. R. *et al.* Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. **Environ Sci Policy**, v. 12, n. 8, p. 1099-1111, 2009.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, Onley, v. 172, p. 10-23, maio, 2009.

NAIR, P. K. R. *et al.* Silvopasture and Carbon Sequestration with Special Reference to the Brazilian Savanna (Cerrado). p. 145-162. *In*: KUMAR, B.; Nair, P. (Eds.). Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems. **Advances in Agroforestry**, Dordrecht, v. 8, n. 305, Springer, p. 2011.

NAIR, P. K. R. Agroforestry: Practices and Systems. *In*: VAN ALFEN, Neal (Ed.). **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**. San Diego: Elsevier, 2014. p. 270-282. v. 1.

NAIR, P. K. R.; VISWANATH, S.; LUBINA, P. A. Cinderella agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 91, n. 5, p. 901-17, 2017.

NEVES, C. M. N. D. *et al.* Carbon stock in agricultural-forestry-pasture, planted pasture, and eucalyptus systems under conventional tillage in the northwestern region of the Minas Gerais State. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, 2004.

OLIVEIRA, E. B. *et al.* Production, Carbon and Economical Profitability of *Pinuselliottii* and *Eucalyptusgrandis* in Silvipastoris System in South Brazil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 57, n. 1, p. 45-56, 2008.

OLIVEIRA, R. R.; ENGEMANN, C. História da paisagem e paisagens sem história: a presença humana na Floresta Atlântica do Sudeste Brasileiro. **Esboços**, v. 18, p. 9-31, 2012.

OLIVEIRA, R. R. Fruto da terra e do trabalho humano: paleoterritórios e diversidade da Mata Atlântica no Sudeste Brasileiro. **Revista História Regional**, Ponta Grossa, v. 20, n. 2, p. 277-299, nov. 2015.

OLIVEIRA, R. R. Um réquiem ou um hino de aleluia para a Mata Atlântica? **Revista Cátedra Digital**, v. 6, p. 1, 2019.

ORTEGA, H.; BACIC, M. J. **Uso da metodologia emergética na análise dos sistemas de produção e consumo**. FEA. IE. Unicamp, 2009. Disponível em: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/Brasil/valor.htm>. Acesso em: 12 set. 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda 21 Global – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD)**. Rio de Janeiro: ONU, 1992.

ONU. **ONU projeta que população mundial chegue aos 8,5 mil milhões em 2030**.

Disponível em: <http://www.unric.org/pt/actualidade/31919-onu-projeta-que-populacao-mundial-quegue-aos-85-mil-milhoes-em-2030>. Acesso em: 10 jun. 2017.

PACHECO, A. R. *et al.* **Comunicado Técnico 392**: uma década de inovação tecnológica em integração lavoura-pecuária-floresta na Fazenda Boa Vereda. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2016.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1528-1535, 2010.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (1977, impressa), v. 46, p. 1176-1183, 2011.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Forrageiras tolerantes ao sombreamento. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. (Orgs.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA, 2015. p. 149-168.

PAIXÃO, F. A. *et al.* Quantification of carbon stock and economic evaluation of management alternatives in a eucalypt plantation. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 411-420. 2006.

PARDO, G. The Geology of Cuba. **AAPG Studies in Geology**, n. 58. UTIG Technical Report, n. 131, 2009.

PEDEIRA, B. Arquivo pessoal de imagens do ano de 2014.

PEDEIRA, B. Arquivo pessoal de imagens do ano de 2015.

PINHEIRO, M. F. **Espécies raras e endêmicas de Melastomataceae no Estado do Rio de Janeiro**: padrões de distribuição geográfica e estratégias de conservação.

2013. 135 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, 2013.

PLANO ABC. Agricultura de Baixo Carbono. *In*: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Coordenação da Casa Civil da Presidência da República. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p.

POLETTI, L.; RENON, T.; FILETE, T. **Ninho de ideias**. 2016. Disponível em: <http://ninhodeideias2016.blogspot.com/>. Acesso em: 9 nov. 2018.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. *et al.* **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA. 2009, 48 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132912/1/2014-reimp-Cartilha-Arborizacao-2014.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MEDRADO, M. J. S. **Planejamento do número de árvores na composição de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**. Desenvolvimento de material didático ou instrucional – Planilha eletrônica. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2008.

PRANCE, G. T. Forest refuges: evidences from woody angiosperms. *In*: PRANCE, G. T. (Ed.). **Biological diversification in the tropics**. Columbia: University Press New York, 1982. p. 137-158.

PRIMAVESI, A. **O solo tropical**: casos. Perguntando sobre o solo. São Paulo: Fundação Mokiti Okata, 2009.

PUC-RIO. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. **Transformação da Paisagem**. Linhas de Pesquisa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia e Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.geo.puc-rio.br/mestrado/>. Acesso em: 10 nov. 2018.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil**: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Brasília: Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1999.

REGO, L. F. G. *et al.* Segurança alimentar. *In*: ABREU, A. R. P.; REGO, L. F. G. (Eds.). **A Ciência na Rio+20: uma visão para o futuro**. FÓRUM DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA & INOVAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Anais...** PUC-Rio, NIMA, Rio de Janeiro, p. 86-99, 2013.

REIS, C. M. M. **Fundamentos da Geologia – Dinâmica interna da Terra**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. Ed. Universitária, 2011. 516 p. Disponível em: http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo_site/Biblioteca/Livro_1/3-Fundamentos_em_Geologia.pdf. Acesso em: 17 nov. 2017.

RESENDE, L. O. **Negócios & Meio Ambiente**. 3. ed. Fazenda Triqueda. 2015. Disponível em: <http://www.fazendatriqueda.com.br/produtos/artigos-tecnicos>. Acesso em: 19 set. 2019.

RESENDE, L. O. **A certificação da neutralização do metano entérico na pecuária de corte**. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável) – Escola Superior de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

RESENDE, L. O. *et al.* Análise financeira do sistema silvipastoril na pecuária de corte *In*: BARBOSA, B. C. *et al.* (Orgs.). **Tópicos em Sustentabilidade & Conservação**. Juiz de Fora: Edição dos Autores, 2017.

RESENDE, L. O. *et al.* Análise financeira do Sistema Silvipastoril na pecuária de corte. *In*: BARBOSA, B. C. *et al.* (Orgs.). **Tópicos em Sustentabilidade & Conservação**. Juiz de Fora: Edição dos Autores, 2018.

RESENDE, L. O. *et al.* O Sistema Silvipastoril como uma alternativa sustentável para o Vale do Paraíba. *In*: OLIVEIRA, R.; LAZOS, A. (Orgs.). **Geografia Histórica do Café no Vale do Rio Paraíba do Sul**. Rio de Janeiro: Editora da PUC-Rio (*in press*), Rio de Janeiro, 2018.

RESENDE, L. O. *et al.* Silvopastoral management of beef cattle production for neutralizing the environmental impact of enteric methane emission. **Agroforestry Systems**, p. 1-11, 2019.

REIS, G. G. Performance of Eucalyptus SPP clones under different levels of soil water availability in the field, root and aboveground growth. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 921-931. 2006.

RIBEIRO, C. R. **Planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas – Zona da Mata e Campo das Vertentes/MG**. 2012. 520 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

RIVERA, K. Los humanos dejamos sin árboles al planeta; los animales pagan el precio. **Recreo Viral**, 2016. Disponível em: <https://www.recreoviral.com/reflexion/humanos-dejamos-no-arboles-planetas-pagan-precio/>. Acesso em: 10 out. 2018.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997.

ROCKSTRÖM, J. **Bounding the Planetary Future: Why We Need a Great Transition**. Great Transition Initiative. 2015. Disponível em: <http://www.greattransition.org/publication/bounding-the-planetary-future-why-we-need-a-great-transition>. Acesso em: 28 maio, 2017.

ROCHA, S. J. S. S.; SCHETTINI, B. L. S.; ALVES, E. B. B. M. Carbon balance in three silvopastoral systems in the southeast of Brazil. **Revista Espacios**, v. 38, n. 39, p. 33, 2017.

RODRIGUES, S. G. *et al.* **Avaliação de impactos ambientais de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta conforme contexto de adoção**. Brasília: Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017.

RUA, J. (Org.) **Desenvolvimento, espaço e sustentabilidades. Paisagem, espaço e sustentabilidades**: uma perspectiva multidimensional da Geografia. Rio de Janeiro: Editora da PUC-Rio, 2007.

RUA, J. Desenvolvimentos e sustentabilidades: uma perspectiva geográfica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 2007. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007

RUSSEL, E. W. B. **People and Land through Time**: linking ecology and history. New Haven: Yale University Press, 1997. p. 3-18.

SALTON, J. C. *et al.* Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, out. 2011.

SANSOLO, D. G. **Espacialidades no mundo contemporâneo**: desafios teóricos e empíricos. Significados da paisagem como categoria de análise geográfica. *In*: ANPAGE, Niterói, 2007. Apresentação oral.

SANTOS, F. D. **Alterações globais**: os desafios e os riscos presentes e futuros. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2016.

SANTOS, M. **A metamorfose do espaço habitado**: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia. São Paulo: Hucitec, 1988.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica, razão e emoção. 4. ed. 2. reimpr. São Paulo: Editora da USP, 2006.

SAVORY, A.; BUTTERFIELD, J. **Holistic Management**: A Commonsense Revolution to Restore Our Environment. 3. ed. Washington: Island, 2016.

SCARANO, F. R. *et al.* Conservação da flora do Estado do Rio de Janeiro: até aonde a Ciência pode ajudar? *In*: BERGALLO, H. G. **Estratégias e ações para a**

conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. p. 221-233. v. 1.

SCHROTH, G. *et al.* Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. **For. Ecol. Manage.**, v. 163, p. 131-150, 2002.

SCHETTINI, B. L. S. *et al.* Estocagem de Carbono em Sistemas Silvopastoris com diferentes arranjos e materiais genéticos. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 175-179, 2018.

SHEPHERD, D; MONTAGNINI, F. Above ground carbon sequestration potential in mixed and pure tree plantations in the humid tropics. **J. Trop. For. Sci.**, v. 13, p. 450-459, 2001.

SCHMALTZ, J. **The lower Nile Valley. National Aeronautics and Space Administration-NASA. MODIS Rapid Response Team, NASA/GSFC, 2003.** Disponível em: <https://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=68269>. Acesso em: 28 set. 2018.

SEEG. **Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa Emissões por setor para a agropecuária. Emissões de GEE da agricultura durante o período de 1970 a 2014.** 2016. Disponível em: <http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/agropecuaria>. Acesso em: 28 set. 2019.

SIGA/Ceivap. Shape do projeto do Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – SIGA/Ceivap. Agência Nacional de Águas (ANA). Dados cartográficos do Mapa Dados © Google. **Spot Image.** Digital Globe. 2010.

SILVA, A. C.; ZAIDAM, R. T. Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba: o zoneamento do uso e cobertura da Terra por imagens de satélite como subsídio para o planejamento e gestão de recursos. **Periódico Eletrônico do Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã: Associação de Amigos da Natureza da Alta Paulista, v. 4, 2010.

SILVA, J. M. C.; SOUSA, M. C.; CASTELLETTI, C. H. M. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. **Global Ecology and Biogeography**, New Jersey, v. 13, p. 85-92, 2004.

SILVEIRA, M. L. *et al.* Land use intensification effects on soil C dynamics in subtropical grazing land ecosystems. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v. 2, n. 1, p. 142-144, 2014.

SMITH, W. H. F.; SANDWELL, D. T. Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. **Science**, Washington, v. 277, n. 26, Sept. 1997 (1956-1962).

SODERSTROM, T. R.; JUDZIEWICZ, E. J. L.; CLARK, L. G. Distribution patterns in Neotropical bamboos. In: HEYER, W. R.; VANZOLINI, P. E. (Eds.).

Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1988. p. 120-156.

SOLÓRZANO, A.; OLIVEIRA, R. R.; BRUNI, R. R. G. Geografia, História e Ecologia: criando pontes para a interpretação da paisagem. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. XII, n. 1, p. 49-66, jan./jul. 2009.

SOTO-PINTO, L. *et al.* Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, Mexico. **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 1, p. 39, 2010.

SOUZA, L. V. *et al.* Susceptibilidade a incêndio florestal na Bacia do Rio Paraibuna. In: II SIMPÓSIO MINEIRO DE GEOGRAFIA E IV SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA. Universidade Federal de Juiz de Fora (Departamento de Geociências / Instituto de Ciências Humanas – ICH). 2016. **Anais...** Juiz de Fora, 2016.

SOUZA, M. L. Espaço geográfico, espaço social. Organização do espaço e espaço social. In: SOUZA, M. L. **Os conceitos fundamentais da pesquisa socioespacial.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 21-42.

STEINFELD, H. *et al.* **Livestock's Long Shadow Environmental Issues and Options.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, 2006.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, Rio de Janeiro, v. 28, p. 84-97, jul. 2014.

STRECK, C. *et al.* Reducing beef consumption: Strategic options for the United States, Brazil and China. **Climate Focus and the World Resources Institute**, 2018.

SUGUIO, K.; SUZUKI, U. **A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida.** São Paulo: Edgar Blucher, 2003.

TONUCCI, R. G. *et al.* Soil Carbon Storage in Silvopasture and Related Land-Use Systems in the Brazilian Cerrado. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 40, p. 833-841, 2011.

TORRES, C. M. M. E. *et al.* Greenhouse gas emissions and carbon sequestration by agroforestry systems in southeastern Brazil. **Springer Nature Journal/Scientific Reports**, v. 7, p. 51-58, 2017.

TSUKAMOTO FILHO, A. D. A. *et al.* Fixação de carbono em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Agrossilvicultura**, v. 1, n. 1, p. 29-41. 2004.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Projeto Amora. Atividades Integradas 2011. Um pouco da história da Terra.** Disponível em:

<http://www.ufrgs.br/projetoamora/atividades-integradas/atividades-integradas-2011/um-pouco-da-historia-da-terra>. Acesso em: 17 nov. 2017.

UNIRIC. Centro Regional de Informação das Nações Unidas. **Relatório das Nações Unidas estima que a população mundial alcance os 9,6 mil milhões em 2050**. Disponível em: <http://www.unric.org/pt/actualidade/31160-relatorio-das-nacoes-unidas-estima-que-a-populacao-mundial-alcance-os-96-mil-milhoes-em-2050->. Acesso em: 15 maio, 2017.

USDA. United States Department of Agriculture. Considering Forest and Grassland Carbon in Land Management. **General Technical Report**, Washington Office, v. 95. 2017. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/54316>. Acesso em: 15 outubro, 2019.

VERMEULEN, S. J.; CAMPBELL, B. M.; INGRAM, J. S. I. Climate Change and Food Systems. Annual Review of Environment and Resources. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 37, p. 195-222, 2012.

VILELA, D. Apresentação. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. **Sistemas Agroflorestais Pecuários**: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 3-4.

WOODS, J. *et al.* Energy and the food system. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. **Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p. 2991-3006, 2010.

WWF BRASIL. **World Wildlife Fund**. Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/pegada_ecologica_global/. Acesso em: 15 maio, 2017.

WWF BRASIL. **World Wildlife Fund**. Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/agricultura/agr_soja/. Acesso em: 15 ago. 2017.

ZIMMER, A. H. *et al.* **Documento 189. Degradação, recuperação e renovação de pastagem**. Brasília: Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012.

ZOOTEC. **Anais do Zootec**. Associação Brasileira de Zootecnistas. Campo Grande, 2005.