



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO
TRÓPICO ÚMIDO
DOUTORADO EM DESENVOLVIMENTO SOCIOAMBIENTAL

GILMARA MAURELINE TELES DA SILVA DE OLIVEIRA

**A VALORAÇÃO SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL EM SISTEMAS
AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL, TOMÉ-AÇU, PARÁ, COMO
INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO LOCAL E SUSTENTÁVEL**

Belém-PA

2021

GILMARA MAURELINE TELES DA SILVA DE OLIVEIRA

**A VALORAÇÃO SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL EM SISTEMAS
AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL, TOMÉ-AÇU, PARÁ, COMO
INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO LOCAL E SUSTENTÁVEL**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Socioambiental.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Cordeiro de Santana.

Belém-PA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48v Oliveira, Gilmara Maureline Teles da Silva de.
A valoração socioeconômica e ambiental em sistemas
agroflorestais na Amazônia Oriental, Tomé-Açu, Pará, como
instrumento de desenvolvimento local e sustentável / Gilmara
Maureline Teles da Silva de Oliveira. — 2021.
162 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Antônio Cordeiro de Santana
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de
Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Belém, 2021.

1. Ativo natural. 2. Serviços ambientais. 3. Bioeconomia.
4. Sustentabilidade. 5. Amazônia. I. Título.

CDD 333.71609811

GILMARA MAURELINE TELES DA SILVA DE OLIVEIRA

**A VALORAÇÃO SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL EM SISTEMAS
AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL, TOMÉ-AÇU, PARÁ, COMO
INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO LOCAL E SUSTENTÁVEL**

Tese para a obtenção do título de Doutor em Ciências em
Desenvolvimento Socioambiental, do Programa de
Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico
Úmido, pertencente ao Núcleo de Altos Estudos
Amazônicos da Universidade Federal do Pará.

Defesa: Belém (PA), _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antônio Cordeiro de Santana
(NAEA/UFPA/UFRA Orientador)

Prof. Dr. Sérgio Castro Gomes
Examinador Externo - PPAD/UNAMA

Prof. Dr. Hisakhana Pahoona Corbin
Membro interno - UFPA/NAEA

Prof. Dr. Rafael de Paiva Salomão
Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG

Prof^a. Dr^a. Oriana Trindade Almeida
Membro interno - UFPA/NAEA

Ao meu esposo Eder, pelo amor, cumplicidade e apoio incondicional que me dedica em todos esses anos de união.

Aos meus filhos Daniel e Pedro pelo amor e carinho com que me cercam todos os dias.

À minha mãe Suely e meu pai Gilberto pela dedicação e apoio para que eu pudesse conquistar mais uma vitória em minha vida.

À minha avó Maurícia, pelo cuidado, amor, dedicação e ensinamentos tão valiosos que carrego sempre comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus pela vida, graça e sabedoria para alcançar essa vitória.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), e ao corpo docente e técnico do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (PDTU) pelos conhecimentos que me foram proporcionados e pela oportunidade de elaboração da tese de doutorado.

Ao meu orientador Professor Dr. Antônio Cordeiro de Santana, pela dedicação, solicitude, construção e compartilhamento de conhecimentos de fronteira. E, acima de tudo, por ter me concedido o privilégio de ser sua orientada. Por não hesitar em me receber em sua sala para orientações, buscando sempre que fossem obtidos os melhores resultados; pela amizade e confiança em mim depositada na realização de outros trabalhos.

Aos professores Eder Oliveira e Hebe Morganne pelo apoio analítico concedido através do laboratório de geoprocessamento e laboratório de hidrocarbonetos da Universidade do Estado do Pará.

Ao professor Rodrigo Silva (UFRA/Tomé-Açu) e aos discentes Cristian (UFRA/Tomé-Açu), Mirela (UFRA/Tomé-Açu), Nice (UFRA/Tomé-Açu) e Mariza (UFRA/Tomé-Açu) pelo apoio operacional na pesquisa de campo no município de Tomé-Açu.

Aos produtores rurais que cederam suas propriedades para a pesquisa. Dos quais a um deles meus agradecimentos *in memoriam*, dado seu falecimento no decorrer da pesquisa.

À minha mãe querida Suely Teles e à minha vovó Maurícia Teles que sempre estiveram ao meu lado, por todo o amor, esforço e dedicação em minha criação.

À minha amiga Márcia Nágem, que apesar da distância nesse momento, me incentivou a pesquisar o tema da tese e sempre esteve comigo participando de muitos momentos importantes da minha vida, com sua amizade, conselhos, choros, risos e inspiração nessa construção.

Ao amigo Diego Santos pela amizade e apoio durante a elaboração da tese.

Às amigas: Lígia, Vanilda e Silvia do Grupo de Pesquisa Cadeias produtivas, mercados e Desenvolvimento Sustentável na Amazônia (GECADS) pela amizade, compartilhamento de conhecimentos e incentivo para o desenvolvimento da pesquisa.

Um agradecimento especial ao meu amado esposo, Eder Oliveira, que sempre com muito amor e paciência nunca hesitou em me auxiliar e cuidar de mim em todos os momentos, inclusive neste momento de elaboração de tese.

Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca vem o conhecimento e o entendimento.

(Provérbios 2:6).

OLIVEIRA, G. M. T. S. **A valoração socioeconômica e ambiental em sistemas agroflorestais na Amazônia Oriental, Tomé-Açu, Pará, como instrumento de desenvolvimento local e sustentável.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido - NAEA/Área: Gestão de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Pará/Belém: UFPA, 2021. Orientador: Dr. Antônio Cordeiro de Santana/UFPA.

RESUMO GERAL

Na Amazônia, as atividades agrícolas na forma de monocultivos, pecuárias extensivas e exploração florestal sem manejo continuam avançando no desmatamento da floresta. O avanço dessas atividades causam a substituição dos sistemas sustentáveis do extrativismo e inviabilizam a produção em consórcio da agricultura familiar e sistemas agroflorestais, que demonstram maior inclusão social e sustentabilidade ambiental. Os sistemas agroflorestais e silvipastoris apresentam-se como um importante instrumento para o desenvolvimento local sustentável por contribuir para acumular e distribuir riquezas no território, com conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida da população. No município de Tomé-Açu, estado do Pará, esses agroecossistemas já estão consolidados como atividade agrícola local, fruto do conhecimento acumulado de mais de 50 anos. Nesta perspectiva, a tese teve como objetivo analisar a contribuição da valoração socioeconômica e ambiental dos serviços ecossistêmicos ofertados pelos SAFs de Tomé-Açu como instrumento para o desenvolvimento local sustentável. Para isto, fez-se necessário evidenciar os valores monetários dos serviços ecossistêmicos gerados pelos SAFs, o seu potencial de conservação dos solos e sua viabilidade bioeconômica de forma a compará-lo com outras atividades agropecuárias. Os dados utilizados na valoração socioeconômica e ambiental foram obtidos por meio de entrevistas com o uso de formulários estruturados e aplicados a uma amostra representativa da população do município. Para a análise de viabilidade bioeconômica, foram realizadas visitas de campo e entrevistas direta no imóvel rural com o produtor para estruturar os orçamentos unitários e fluxos de caixa dos sistemas produtivos, incluindo os custos de oportunidade dos ativos naturais: solo, água e serviços ecossistêmicos. Nas estimativas relacionadas à conservação do solo, utilizou-se o método do custo de reposição dos nutrientes perdidos por erosão com técnicas de geoprocessamento, a partir de amostras de solo coletadas a 20 cm de profundidade nos diversos cultivos e área de floresta do imóvel. Os resultados mostraram que os serviços ecossistêmicos dos SAFs de Tomé-Açu são reconhecidos pela população e foram avaliados por meio da disposição a pagar por sua conservação e a receber pela substituição por outras alternativas, cujos valores foram, respectivamente: R\$ 5.011,19.ha⁻¹ e R\$ 7.367,24.ha⁻¹. A análise bioeconômica mostrou que os SAFs apresentaram maior retorno socioeconômico e ambiental. A conservação dos solos e a capacidade de retenção de nutrientes foi superior nos SAFs e se aproximou dos resultados encontrados nas áreas de reserva legal. Concluiu-se que, a valoração do ativo natural é um importante instrumento para inserção dos produtores rurais na política de pagamento por serviços ecossistêmicos e contribui para a capitalização desses agentes produtivos locais. Essa capitalização tende a induzir uma trajetória de desenvolvimento local sustentável, uma vez que, são geradas riquezas no território com potencial atração de investimentos em práticas agrícolas mais sustentáveis como os SAFs, que geram maior receita líquida e taxa de retorno bioeconômica, incluem as pessoas das comunidades, mantém a biodiversidade e a conservação ambiental, e melhoram a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Ativo natural. Passivo ambiental. Serviços ambientais. Sustentabilidade. Bioeconomia. Amazônia.

OLIVEIRA, G. M. T. S. **The socioeconomic and environmental valuation in agroforestry systems at the Eastern Amazon, Tomé-Açu, Pará, as an instrument of local and sustainable development.** Thesis (PhD in Sustainable Development in the Humid Tropics - NAEA/Area: Natural Resources Management) – Federal University of Pará / Belém: UFPA, 2021. Advisor: Dr. Antônio Cordeiro de Santana/UFPA.

GENERAL ABSTRACT

At Amazon's, the agricultural activities in form of monocultures, extensive livestock and forest exploration without management continue advancing in the deforestation. The advance of these activities causes the substitution of the sustainable systems of the extractivism and make unfeasible the production in family farming consortium and agroforestry systems, which presents higher social inclusion and environmental sustainability. The agroforestry and silvipastoral systems are an important instrument of the sustainable local development for contribute to accumulate and distribute riches on the territory, with environmental preservation and improvement in the population life's quality. At the county of Tomé-Açu, Pará state, these agroecosystems are already consolidate as local agricultural activity, from the knowledge accumulated for 50 years. In this perspective, the thesis objective was to analyze the contribution of the socioeconomic and environmental valuation of the ecosystems services provided by the Agroforestry systems (AS) of Tomé-Açu as an instrument to the sustainable local development. It was necessary to evidence the monetary values of the ecosystem services provided by the agroforestry systems, its potential to the soil preservation and the socioeconomic viability, with aiming to compare it to others agricultural activities. The used data in the environmental and socioeconomic valuation were obtained through interviews using forms structured and applied to a representative sample of the county's population. To the viability bioeconomic analysis, were made field visits and direct interviews in the rural property with the producer to organize the unitary budget and the cash flow of the productive systems, including the opportunity's costs of the natural assets: soil, water and ecosystem services. In the estimative related to the soil conservation, it was used the method of cost reposition of nutrient lost by erosion with geoprocessing techniques, through soil samples collected in 20 cm of deep in the many cultives and forest area of the property. The results showed that the ecosystem services of the AS of Tomé-Açu are recognized by population and were evaluated through the willingness to pay for its preservation and to accept for the substitution for other alternatives, whose values were, respectively: R\$ 5,011.19 ha⁻¹ and R\$ 7,367.24 ha⁻¹. The bioeconomic analysis showed that the AS presented higher socioeconomic and environmental returns. The soil conservation and the capacity of nutrient retention was superior in the agroforestry systems and approached to the results found in the legal reserve area. It was concluded that the valuation of the natural asset it is an important instrument to the insertion of the rural producers in the payment politics for ecosystem services and contribute to the capitalization of these local productive agents. This capitalization tends to induce one trajectory of local sustainable development, once that is generated wealth at the territory with potential attraction of investments in agricultural practices more sustainable as the agroforestry systems. This generate higher net revenue and bioeconomic rate of return, include people in the communities, maintain biodiversity and environmental conservation, and improve the life quality of the population.

Keywords: Natural asset. Environmental liability. Environmental services. Sustainability Bioeconomic. Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo teórico conceitual da relação dos serviços ecossistêmicos prestados pelos SAFs e o bem-estar humano nas escalas local, regional e global.....	18
Figura 2 - Sistemas Agroflorestais de Tomé-Açu praticado em propriedades rurais.....	23
Figura 3 - Mapa da área de estudo-Município de Tomé-Açu, estado do Pará.	27
Figura 4 - Desenho metodológico da pesquisa de tese.....	31
Figura 5 - Interconexões entre os ecossistemas e o bem-estar humano.	43
Figura 6 - Representação do comportamento das linhas de oferta e demanda para produtos que possuem preço de mercado (A) e para os ativos naturais (B).	47
Figura 7 - Métodos de valoração disponíveis na literatura.....	49
Figura 8 - Percepção da população acerca dos serviços ecossistêmicos produzidos pelos ativos dos SAFs, Tomé-Açu, 2018.	63
Figura 9 - Participação das dimensões na composição do Valor Econômico Total (VET) dos SAFs de Tomé-Açu na Disposição a Pagar (DAP) e Disposição a Receber (DAR).....	75
Figura 10 – Propriedade rural analisada e seus diversos usos.	92
Figura 11 – Tipos de solo em Tomé-Açu e propriedade rural.....	93
Figura 12 - Mapas temáticos do município e Tomé-Açu utilizados nos cálculos da perda de solo por erosão. A – Mapa Fator R Erosividade das chuvas ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$); B - Mapa Fator K Erodibilidade do solo ($\text{ton}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$); C- Mapa Fator C. uso/cobertura do solo (adimensional). D - Mapa Fator LS topográfico (adimensional).	97
Figura 13 - Mapas temáticos da propriedade rural utilizados nos cálculos da perda de solo por erosão. A – Mapa Fator R Erosividade das chuvas ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$); B - Mapa Fator K Erodibilidade do solo ($\text{ton}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$); C- Mapa Fator LS topográfico (adimensional); D - Mapa Fator C. uso/cobertura do solo (adimensional).....	99
Figura 14 - Pontos de amostragem de solos na propriedade rural.....	100
Figura 15 - Uso e ocupação do solo no município de Tomé-Açu, Pará.....	102
Figura 16 - Taxas de perda de solo por erosão no município de Tomé-Açu.....	104
Figura 17 - Comportamento do Índice Oceânico <i>Niño</i> (a) ao longo de 21 anos.....	127
Figura 18 - Distribuição do índice sazonal e média mensal das chuvas de Tomé-Açu, de 1980 a 2019.	128

Figura 19 - Modelo de SAF I (composto por cacau, açaí, pimenta-do-reino e mogno africano), na imagem são visíveis os açaizeiros, cacaeiros, e, neste caso a pimenta-do-reino já havia completado seu ciclo econômico e as árvores de mogno estão a borda do sistema	131
Figura 20 - Modelo de SAF II (cupuaçu, açaí e mogno africano), na imagem são visíveis os açaizeiros e o cupuaçuzeiros.....	132
Figura 21 - Comportamento comparativo do VPL dos SAFs I e II e demais atividades produtivas.	143

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Perfil socioeconômico dos entrevistados, Tomé-Açu, Pará, 2018.	58
Tabela 2 - Renda mensal em salários mínimos (SM) e quantidade de pessoas na família dos entrevistados.	61
Tabela 3 - Matriz de cargas fatoriais do modelo representativo da dimensão socioambiental dos SAFs de Tomé-Açu, estado do Pará, 2018.	67
Tabela 4 - Indicador da dimensão ambiental que refletiu a percepção quanto aos benefícios dos SAFs para a sociedade.	69
Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros das equações de DAPSAF e DARSAF, Tomé-Açu, Pará.	72
Tabela 6 - Fator erodibilidade do solo em (ton.h.MJ ⁻¹ mm ⁻¹).	95
Tabela 7 - Valores do fator C aplicados na pesquisa.	96
Tabela 8 - Concentração de nutrientes nas amostras de solo para cada uso na propriedade rural.	105
Tabela 9 - Perda de solos e de nutrientes nos sistemas agropecuários.	107
Tabela 10 - Quantidade de fertilizante (kg.ano ⁻¹) necessária para repor os nutrientes perdidos por erosão em cada uso do solo.	108
Tabela 11 - Custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão em R\$.ano ⁻¹	110
Tabela 12 - Orçamento unitário para implantação de um ha de SAF I (pimenta-do-reino, cacau, açaí e mogno africano), Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00)	133
Tabela 13 - Orçamento unitário para implantação de um ha de SAF II (cupuaçu, açaí e mogno africano), Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00)	135
Tabela 14 - Orçamento unitário para implantação de um ha de monocultivo da pimenta-do-reino, Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00).....	136
Tabela 15 - Orçamento unitário para implantação de um ha do consórcio entre açaí irrigado e pimenta-do-reino, Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00)	137
Tabela 16 - Fluxo de caixa do modelo de SAF I (pimenta, cacau, açaí e mogno africano), Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00).....	139
Tabela 17 - Fluxo de caixa do modelo de SAF II (cupuaçu, açaí e mogno africano), Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00).	140
Tabela 18 - Fluxo de caixa para o monocultivo da pimenta-do-reino (a), (b).....	142

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Análise Fatorial
AGROTX	Fator SAFs reduzem a utilização de agrotóxicos e a incidência de pragas
ATV	Atividade como fonte de renda
BACHID	Fator proteção de bacias hidrográficas
BST	Benefício Social Total
CAMTA	Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CE	Comissão Europeia
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONSPRBIO	Fator preservação e/ou conservação da floresta e recomposição da biodiversidade
Dambiental	Dimensão ambiental
DAP	Disposição a pagar
DAPSAF	Disposição a Pagar um valor máximo pela manutenção das áreas de SAFs
DAR	Disposição a receber
DARSAF	Disposição a Receber um valor mínimo para abrir mão das áreas de SAFs
DIVCUL	Fator diversidade de culturas garante a estabilidade econômica, assegurando renda ao produtor ao longo do ano
EC	Excedente do Consumidor
EDAMB	Fator SAFTAs são importantes para a educação ambiental
EET	Excedente Econômico Total
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPR	Fator SAFs geram emprego e renda para a população do município
EP	Excedente do Produtor
EROS	Proteção do solo contra a erosão
EUPS	Equação Universal de Perda de Solo
FAO	Food and Agriculture Organization, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FERTAD	Fator SAFTAs promovem a redução do uso de fertilizantes e adubos químicos

FLOATRATV	Fator paisagem dos sistemas semelhante a uma floresta lhe é atrativa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICRAF	International Centre for Research in Agroforestry
IDESP	Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IG	Indicação Geográfica
IMM	Fator SAFs são importantes para melhorar a imagem do município
ITPS	Intergovernmental Technical Panel on Soils
KMO	Teste de Kaiser-Meyer-Olkin
LABOHI	Laboratório de hidrocarbonetos
Lorigem	Local de origem do entrevistado
MEA	Milleneum Ecosystem Assessment
MIAC	Método Integrado de Avaliação Contingente
MQG	Mínimos Quadrados Generalizados
MQV	Fator SAFs contribuem para a melhoria da qualidade de vida no município
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PSA	Pagamento por serviços ambientais
RAD	Fator SAFs podem contribuir para a recuperação de áreas degradadas
RB/C	Relação Benefício-Custo
RECPAST	Fator recuperação de pastos degradados
SAF	Sistema Agroflorestal
SM	Salário Mínimo
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
Tfamília	Tamanho da família do entrevistado
TIR	Taxa Interna de Retorno
TQVNL	Tempo que vive no local
UEPA	Universidade do Estado do Pará
UFPA	Universidade Federal do Pará
UTM	Universal transverso de Mercator
VDDAP	Variável <i>dummy</i> relacionada aos valores de DAP
VDDAR	Variável <i>dummy</i> relacionada aos valores de DAR
VE	Valor de existência

VET	Valor Econômico Total
VNU	Valor de Não Uso
VO	Valor de opção
VPL	Valor Presente Líquido
VU	Valor de Uso

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.1 Pressupostos metodológicos, área de estudo e métodos da pesquisa	26
REFERÊNCIAS.....	32
2 O VALOR DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS FORNECIDOS PELO ATIVO NATURAL DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE TOMÉ-AÇU, PARÁ.....	36
2.1 Introdução	38
2.2 Referencial Teórico.....	40
2.2.1 Economia, Ecologia e desenvolvimento sustentável	40
2.2.2 Natureza do valor econômico, métodos de valoração e o Método Integrado de Avaliação Contingente - MIAC.....	45
2.3 Material e Métodos	52
2.3.1 Delineamento amostral e coleta de dados do formulário	53
2.3.2 O modelo integrado de avaliação contingente - MIAC.....	54
2.3.3 Construção da dimensão ambiental via análise fatorial.....	56
2.4 Resultados e Discussão	58
2.4.1 Síntese do perfil socioeconômico dos entrevistados	58
2.4.2 Percepção da sociedade quanto aos serviços ecossistêmicos e indicador ambiental	61
2.4.3 O valor dos serviços ecossistêmicos dos SAFs na percepção da sociedade.....	70
2.5 Conclusão	76
REFERÊNCIAS.....	77
3 AS PERDAS POR EROÇÃO E O CUSTO DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES PERDIDOS POR DIFERENTES USOS DOS SOLOS.....	84
3.1 Introdução	86
3.2 Revisão de Literatura.....	88
3.3 Material e Métodos.....	91
3.3.1 Valor da perda de nutrientes dos solos	94
3.3.2 Amostragem de solos e procedimentos analíticos laboratoriais.....	100
3.4 Resultados e Discussão	101
3.4.1 Uso do solo e perdas por erosão no município de Tomé-Açu.....	101
3.4.2 Perdas e custos de reposição de nutrientes perdidos por erosão no imóvel rural.....	105
3.5 Conclusões	111
REFERÊNCIAS.....	112

4 ANÁLISE DOS INDICADORES DE VIABILIDADE BIOECONÔMICA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE TOMÉ-AÇU, PARÁ, AMAZÔNIA	117
4.1 Introdução	119
4.2 Revisão de literatura	121
4.3 Material e Métodos	122
1.1.2 Indicadores de viabilidade bioeconômica.....	125
1.1.3 Simulação sobre o efeito do risco climático nos indicadores de viabilidade dos sistemas produtivos.....	126
4.4 Resultados e Discussão	129
4.4.1 Caracterização das principais culturas que compõem os SAFs de Tomé-Açu	129
4.4.2 Avaliação de viabilidade bioeconômica dos sistemas produtivos.....	131
4.5 Conclusões	145
REFERÊNCIAS.....	146
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	151
5.1. Sugestões e desafios	152
5.2 Limitações da pesquisa e dificuldades encontradas	154
APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE PESQUISA.....	155
APÊNDICE B – VARIÁVEIS DA DIMENSÃO AMBIENTAL, VALOR ECONÔMICO E TIPO DE SERVIÇO ECOSISTÊMICO	158
APÊNDICE C – MODELO ECONOMÉTRICO – SUR.....	159
APÊNDICE D – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DOS SAF E PIMENTAL.....	160

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O desmatamento na Amazônia, reflexo das políticas governamentais de povoamento e desenvolvimento, fundamentado na exploração madeireira, implantação de pecuária, assentamento em projetos de reforma agrária, abertura de estradas e implantação de grandes projetos de mineração e de produção de energia, fazendo de extensas áreas, e com forte impacto sobre o meio ambiente e as comunidades tradicionais, caminha para o esgotamento dos recursos naturais do bioma amazônico (SANTANA, 2015). Neste contexto, cresce a busca por formas alternativas de ser fazer agricultura e pecuária com maior produtividade, inclusão social e maior integração com o bioma de floresta da Amazônia, mudando a trajetória adotada ao longo dos últimos 50 anos, tida apenas como a fronteira brasileira preferida para conversão em áreas de uso agropecuário (COSTA; BOTTA; CARDILE, 2003).

Nesse sentido, as práticas agrícolas necessitam ancorar-se cada vez mais no paradigma da sustentabilidade em suas múltiplas dimensões: ambiental, social e econômica. Em contraponto ao paradigma tecnológico global, caracterizado pelo controle excessivo da natureza, com uso intenso da química e mecânica, e que tende para formação de sistemas biológicos homogêneos e processos cada vez mais insustentáveis.

Essa insustentabilidade dos processos produtivos na agricultura relaciona-se principalmente a intensificação dos processos erosivos no solo que aumentam a perda de nutrientes e conseqüentemente o consumo de fertilizantes para a manutenção de produtividade. Essa intensificação da demanda por fertilizantes além de aumentar os custos de produção, potencializa impactos ambientais nos demais ecossistemas e na vida da população (AZEVEDO JUNIOR, 2019; ROCKSTROM *et al.*, 2017).

Diversos estudos tem mostrado outras formas de produção agrícola através da potencialização dos processos ecológicos, baseados nos princípios de funcionamento dos ecossistêmicos, essa produção é dotada de particularidades econômicas, sociais e ambientais na utilização do recurso. Tais formas de utilização, podem ser representadas pela produção em Sistemas Agroflorestais (SAFs), que surgiram ao longo do tempo e a partir de diferentes contextos (NAIR, 1993; FARREL; ALTIERE, 2012; COSTA, 2015; PORRO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O ativo natural SAFs praticados nos imóveis rurais do município de Tomé-Açu,

para sua sobrevivência, porém existem serviços ecossistêmicos, ainda pouco compreendidos e não valorizados relacionados a atividades agrícolas de base agroflorestal, tais como os sistemas agroflorestais que primam pela biodiversidade e aproveitamento dos processos biológicos (CGEE, 2009). A não valorização dos benefícios sociais e ambientais dos serviços ecossistêmicos ofertados por estas atividades agroflorestais na Amazônia podem ameaçar sua conservação em detrimento de atividades como a exploração madeireira, agricultura migratória, abertura de pastagens e extensos monocultivos que simplificam a estrutura dos ecossistemas e conseqüentemente provocam a perda de diversos serviços ecossistêmicos (NAIR, 1993; ALTIERE, 2012).

Dada a perda ou diminuição de serviços ecossistêmicos o fornecimento de bem-estar é afetado pois este é resultado da interação entre os ativos naturais com outras formas de ativos (manufaturado, social e humano) resultando no aumento da função de utilidade humana (COSTANZA *et al.*, 1997; WALLACE, 2007; COSTANZA *et al.*, 2017).

Sendo assim, seja qual for a corrente econômica, a maximização dos benefícios líquidos da economia na forma de bem-estar é o principal objetivo, desse modo a análise econômica hegemônica no enfrentamento da problemática ambiental é baseada nos princípios da maximização das funções de utilidade e minimização das funções de custo que na prática se traduz na situação de equilíbrio de mercado (MUELLER, 2007; MANKIW, 2016).

Todavia o equilíbrio de mercado é afetado pela existência de externalidades que produzidas de forma privada geram custos e/ou benefícios sociais culminando em falha de mercado. Externalidades podem ser definidas como efeitos das ações de produção e consumo que geram custos e benefícios a outras pessoas não relacionadas a uma determinada ação, sem que haja compensações no mecanismo de preços. Mankiw (2016) define externalidades como:

[...] o impacto das ações de uma pessoa sobre o bem-estar de outras que não participam dessas ações, sem pagar e nem receber nenhuma compensação sobre esse impacto. Se o impacto sobre o terceiro é adverso, é denominado **externalidade negativa**. Se for benéfico é chamado de **externalidade positiva** [...] (MANKIW, 2016, p. 184, grifo nosso).

Nesta perspectiva, o equilíbrio pode ser reestabelecido por meio da internalização das externalidades através de instrumentos econômicos como multas, taxas e subsídios, ferramentas estas propostas pela primeira vez por Pigou, em 1920, na publicação *Welfare Economics* (Economia do Bem-estar) (ROPKE, 2005). Portanto, quando existem custos e benefícios não sinalizados no sistema de preços o mercado “falha”, gerando externalidades positivas ou negativas não computadas, resultando em ineficiência econômica.

As externalidades positivas geram benefícios externos e, portanto, deveriam ter preços positivos, pois representam valores não apropriadamente pagos. Por outro lado as externalidades negativas geram custos externos e, por isso, deveriam ter preços negativos por significarem perda de utilidade (THOMAS; CALLAN, 2014). Nessa análise, a incorporação dos custos e benefícios sociais constitui-se na forma mais adequada de criação de mecanismos e instrumentos de mercado para as relações entre economia e meio ambiente.

Com efeito, a valoração torna-se fundamental na determinação do significado econômico dos ativos naturais de maneira a incentivar os agentes econômicos nas análises de custo-benefício relacionados às formas de uso desses ativos e assim identificar a melhor alternativa para a maximização da sua função de utilidade, uma vez que para a maioria desses ativos predominam as características de bens-públicos¹, não excludentes ²e não rivais ³, o que acaba promovendo seu uso de forma indiscriminada.

Apesar das muitas divergências entre as correntes econômicas, elas convergem no sentido da necessidade de um desenvolvimento que seja sustentável e que alterações na disponibilidade dos ativos naturais, nas funções dos ecossistemas e conseqüentemente nos serviços ecossistêmicos, indicam perdas ou ganhos em bem-estar, qualidade de vida e utilidade. Deste modo, evidenciar valores monetários do meio ambiente pode ser justificado pela utilização como padrão de medida em uma análise de custos e benefícios sociais para as variações de bem-estar e utilidade.

2.2.2 Natureza do valor econômico, métodos de valoração e o Método Integrado de Avaliação Contingente - MIAC

Para compreender a natureza do valor econômico preliminarmente abarca-se o instrumental da teoria econômica neoclássica do consumidor onde o indivíduo dispendo de um orçamento limitado faz diversas combinações de bens e serviços para maximização de sua função de utilidade ou níveis de bem estar. Por pressuposto as escolhas são realizadas com intuito de maximizar o bem-estar (MARSHALL, 1982; FARBER; COSTANZA; WILSON, 2002). Sendo assim determinar o valor econômico de um bem ou serviço é estimar o valor

¹ Corresponde a um bem ou serviço em que, mesmo considerado em quantidade fixa, o consumo adicional por uma pessoa não reduz na porção consumida por um terceiro (SAMUELSON, 1954).

² Quando o bem em questão é oferecido a uma pessoa, é oferecido a todas, ou seja, seu uso não exclui a utilização por outra pessoa (IZKO; BURNEO, 2003).

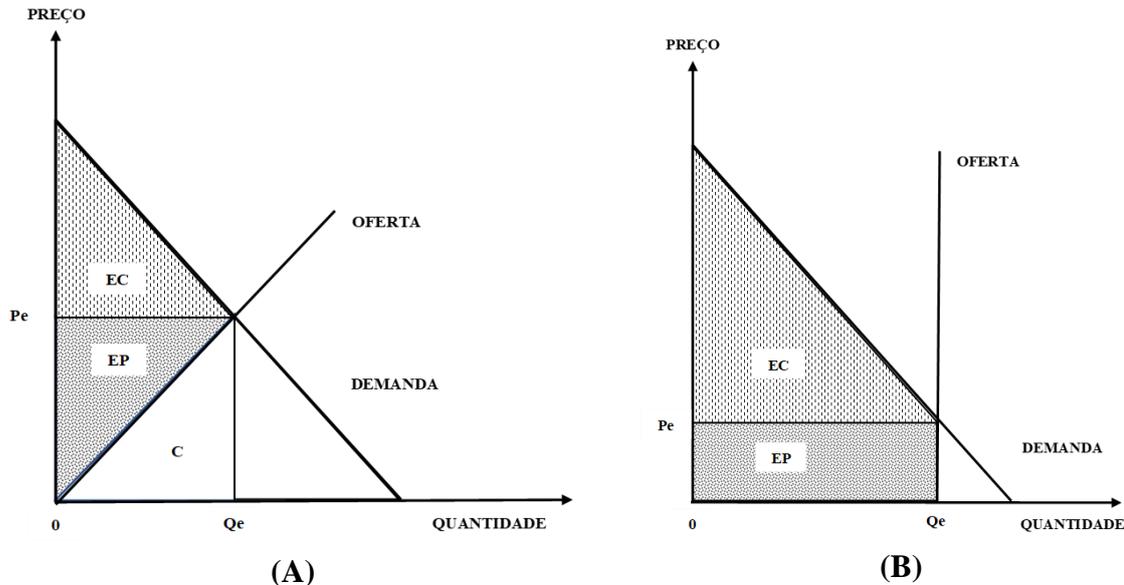
³ Quando alguém consome o bem ou dele desfruta, não reduz sua disponibilidade aos demais (IZKO; BURNEO, 2003).

monetário destes em relação a outros bens e serviços disponíveis em uma escolha de maximização da função de utilidade.

Nesta perspectiva a concepção do valor econômico fundamenta-se no conceito de Excedente Econômico Total (EET) da teoria microeconômica neoclássica Marshaliana, envolvendo mercado e bem estar social analisados através das curvas de oferta e demanda para bens ou serviços que possuem preços definidos no mercado (MARSHALL, 1982). Portanto na avaliação de custos e benefícios para a sociedade o modelo de oferta e demanda fornece as informações necessárias através dos conceitos de excedente do consumidor e excedente do produtor.

O excedente do produtor (EP), receita líquida ou benefício socioeconômico e ambiental é representado pela linha de oferta e corresponde a área acima desta e abaixo do preço de equilíbrio. Já o Excedente do Consumidor (EC) é representado pela diferença entre o valor máximo que consumidores estão dispostos a pagar e o preço de equilíbrio do mercado, preço efetivamente pago pelo consumidor, em outras palavras refere-se à quantia de bem-estar que esse consumidor recebe sobre o preço pago no mercado (COSTANZA *et al.*, 1997; SANTANA, 2015; SANTANA, 2020). Graficamente situa-se abaixo da linha de demanda e acima do preço de equilíbrio do mercado, conforme mostrado na Figura 6A. Nesse contexto ao analisar o ativo natural SAF, como os serviços ecossistêmicos não podem ser aumentados ou diminuídos pelo sistema econômico, suas curvas de oferta são praticamente verticais (Figura 6B). Assim sendo, o Benefício Social Total (BST) corresponde ao somatório do Excedente do Consumidor e do Excedente do Produtor, representando a situação de máxima eficiência, pois envolve todos os consumidores e produtores do ativo. Essa análise de custos e benefícios sociais permite valorar ativos naturais de forma a maximizar o bem-estar inserindo custos e benefícios externos (externalidades positivas e negativas) que são desprezados na análise privada e por isso tendem a subestimar o valor econômico dos ativos naturais. Na análise do comportamento das linhas de oferta e demanda para o ativo natural dos sistemas agroflorestais, os produtos e serviços que possuem preços de mercado podem ser representados graficamente pela Figura 6A. Já a oferta dos serviços ecossistêmicos dos SAFs é representada pela Figura 6B, haja vista o fluxo contínuo de oferta dos serviços.

Figura 6 - Representação do comportamento das linhas de oferta e demanda para produtos que possuem preço de mercado (A) e para os ativos naturais (B).



Fonte: Elaborado pela autora.

Nessa ótica, as análises dos custos e benefícios sociais fornecem a base teórica microeconômica do bem estar, na qual se fundamentam os métodos de valoração dos ativos naturais (MOTTA, 1997; SANTANA, 2015; SANTANA, 2018). Essa análise de custos e benefícios sociais permite abarcar o valor de uso (utilidade) e valor de não uso (social) do ativo, na perspectiva do Valor Econômico Total (VET). De acordo com Pearce e Turner (1990), Bishop e Romano (1998), Adams *et al.* (2008), Carson (2012), Santana *et al.* (2015), Santana *et al.* (2016), Santana *et al.* (2017) e Oliveira *et al.* (2020) o VET pode ser expresso da seguinte forma:

$$VET = Valor de Uso (VU) + Valor de Não Uso (VNU) \quad (1)$$

O VET de um recurso natural consiste em seu valor de uso (VU) mais seu valor de não uso (VNU). Cabe ressaltar que o valor de uso subdivide-se em valor de uso direto e valor de uso indireto, onde o primeiro diz respeito ao consumo ou usufruto direto dos recursos naturais como fonte de matéria-prima, produtos alimentícios, científicos, medicinais e satisfação hedônica, obtidos pela extração ou visitação e, o segundo, o valor de uso indireto, é definido pelas externalidades que o recurso produz na forma de suas funções dentro dos ecossistemas, tais como, manutenção da biodiversidade, preservação de cursos d'água e ciclagem de nutrientes (MOTTA, 1997; SANTANA *et al.*, 2015).

Por seu turno o valor de não uso do VET, incorpora o valor de opção e o valor de existência. O primeiro refere-se à possibilidade de atribuição de valor de usos direto e indireto

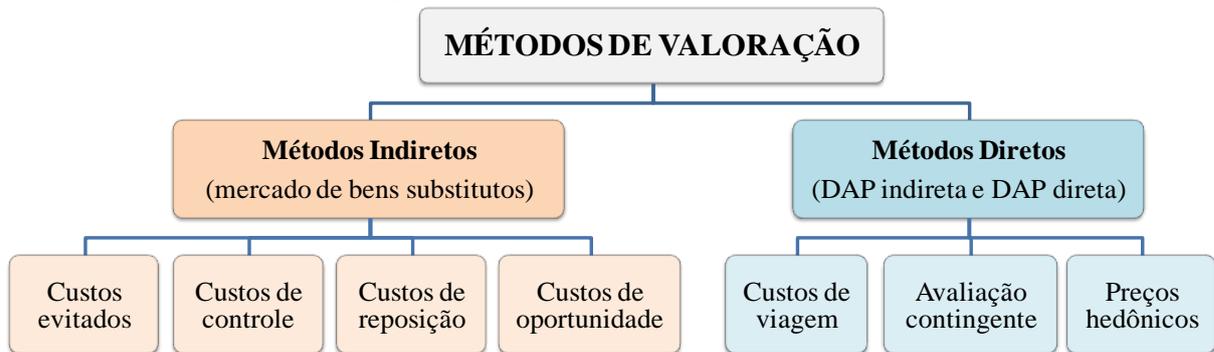
como opção em futuro próximo. Já o valor de existência faz referência simplesmente à existência do recurso, na forma de benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos não associados ao uso; reflete uma posição cultural, moral e altruísta em relação à preservação, e esse valor não está associado ao uso atual ou futuro, e relaciona-se ao conceito de valor intrínseco e afasta-se da abordagem utilitarista do valor econômico (MOTTA, 1997; IZKO; BURNEO, 2003; TÔSTO, 2010; SANTANA *et al.*, 2015; SANTANA *et al.*, 2016; SANTANA *et al.*, 2017).

De maneira geral, enfatizado por Izkio e Burneo (2003): valorar economicamente os ativos naturais significa: “[...] poder contar com um indicador de sua importância no bem-estar da sociedade, através da comparação de um denominador comum: o dinheiro” (2003, p. 15). Porém os ativos naturais, na característica de bens públicos não excludentes e não rivais geram dificuldades na mensuração dos benefícios de consumo, pois não se pode medir a quantidade consumida por indivíduo, logo, as preferências individuais não são expressas visivelmente e não há como estabelecer preços em sistema de mercado, de tal modo que seu valor econômico é praticamente zero, e, portanto se desconhece o custo de oportunidade de sua utilização acarretando no uso insustentável desses ativos (CONTADOR, 1981).

Nesta esteira emerge a necessidade de se valorar o ativo natural para o estabelecimento de uma escala sustentável, bem como subsidiar tomadas de decisões. Costanza *et al.* (1997), Groot *et al.* (2012), Costanza *et al.* (2014) e Santana (2015) ressaltam a importância da atribuição de valor aos ativos naturais como uma condição para estimar o custo de oportunidade de sua preservação e/ou utilização racional. Liu *et al.* (2010) também salientam que, devido à ausência de sistemas de preços para os recursos naturais, a definição da escala adequada de uso fica comprometida. Portanto, o conjunto de métodos de valoração busca suprir essa lacuna, pois vem mensurar os custos e/ou benefícios relacionados à mudança no estado geral de um determinado ecossistema.

Os métodos de valoração disponíveis na literatura podem ser classificados em métodos diretos, baseados em uma função de demanda através da construção de um mercado hipotético, e, em métodos indiretos baseados no mercado de bens substitutos (Figura 7).

Figura 7 - Métodos de valoração disponíveis na literatura.



Fonte: Adaptado de Mota (1997).

Os métodos indiretos utilizam uma função de produção para calcular o valor do ativo natural, cujo objetivo é calcular o impacto de uma alteração marginal do ativo natural na atividade econômica, através da referência de outros produtos no mercado que tenham sido afetados pela modificação na provisão do ativo; o impacto econômico trazido pela alteração ambiental pode ser diretamente calculado direto no preço de mercado do produto afetado que nesse caso trata-se do método de produtividade marginal, ou no mercado de bens substitutos do qual deriva quatro técnicas de valoração, são elas: (i) *os custos evitados* que estima o valor através de gastos com atividades defensivas substitutas ou complementares que são considerados aproximações sobre as mudanças deste ativos naturais; (ii) *custos de controle* que relaciona-se aos gastos necessários para evitar a variação do ativo natural e garantir que os benefícios continuem sendo gerados a população, (iii) *custos de reposição* no qual a estimativa dos benefícios gerados por um ativo natural será dada pelos gastos necessários para reposição ou reparação de um dano ambiental e por fim, (iv) *custos de oportunidade* partem da premissa que, embora desejável, toda conservação traz consigo um custo social e econômico que deve ser compartilhado entre os agentes que usufruem dos seus benefícios. Estes custos de oportunidade por exemplo, podem ser baseados no valor das possíveis opções de atividades econômicas que poderiam ser desenvolvidas na área de conservação o que representa a perda econômica da população em virtude das restrições de uso (MOTTA, 1997; MATTOS; MATTOS, 2004; MOTA, 2009; TÔSTO, 2010; SANTANA, 2020).

Por outro lado os métodos diretos, também chamados de métodos da função de demanda estimam o valor ambiental através da construção de mercados hipotéticos ou de bens complementares para obtenção da disposição a pagar do indivíduo pelo bem ou preservação do recurso natural (MOTTA, 1997; MATTOS; MATTOS, 2004; MOTA, 2009; TÔSTO, 2010) são eles: (i) *método de preços hedônicos* que geralmente é aplicado para preços de propriedades, embora possa ser aplicado a qualquer mercadoria, busca estabelecer uma relação entre os

atributos de um produto e seu preço de mercado, através de uma regressão múltipla que possa englobar as características que influenciam seu valor; (ii) *custos de viagem* muito aplicado em patrimônios naturais de visitação, este método determinar o baseado nos gastos dos visitantes com a visita, desde seu deslocamento, taxa de entrada, até outros gastos complementares; e, (iii) *avaliação contingente* que consiste na estimação monetária do impacto no bem-estar dos indivíduos quando ocorre uma variação quantitativa ou qualitativa dos ativos naturais; através do uso dos indicadores de disposição a pagar (DAP) e disposição a receber (DAR) os quais se referem à máxima disposição a pagar revelada pelo indivíduo para preservar o recurso natural e o mínimo que está disponível a receber para abrir mão do ativo natural e conseqüentemente na diminuição dos seus níveis de bem-estar. A avaliação contingente com base na disposição a pagar (DAP), está alicerçada na teoria neoclássica e do bem-estar, assumindo que o indivíduo é racional em suas decisões e que estas maximizam sua satisfação, mediante ao preço dos recursos naturais e situações orçamentárias, portanto a DAP é uma função de fatores socioeconômicos (MOTTA, 1997; MOTA, 2009).

Notadamente, na aplicação dos métodos de valoração, a integração das lógicas econômica e ecológica é cada vez mais necessária e inevitável e, nessa perspectiva, a valoração integrada dos ativos naturais ancorada no Modelo Integrado de Avaliação Contingente apresenta-se como uma ferramenta de análise diferenciada, pois contempla as lógicas ecológica e econômica através da ótica do valor instrumental (dimensão econômica) e do valor intrínseco (ambiental e social), o qual se relaciona com o comportamento e percepção da sociedade em relação à conservação e preservação dos ativos naturais para as futuras gerações com base nas dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade (SANTANA *et al.*, 2015; SANTANA *et al.*, 2016; SANTANA *et al.*, 2017; BURSZTYN; BURSZTYN, 2012).

Nesta esteira da avaliação contingente a teoria microeconômica sobre excedente do consumidor e do bem estar social integram-se com as bases teóricas da economia ecológica relacionadas aos benefícios que os ativos naturais geram para a economia e para o homem (SANTANA, 2018; SANTANA, 2020). Trata-se da construção de um mercado hipotético, através de pesquisas amostrais que identificam as preferências reveladas, a partir do uso de questões de Disposição a Pagar (DAP) pela preservação do recurso natural e Disposição a receber (DAR) para abrir mão de um determinado benefício proporcionado pelo recurso natural (MOTA, 2009, TÔSTO, 2010; BENTES *et al.*, 2014; SANTANA, 2015; SANTANA *et al.*, 2016).

A valoração contingente é o único método que consegue captar todos os tipos de valores abarcados pelo Valor Econômico Total (VET), o que faz com que esse método seja amplamente

utilizado no Brasil e no mundo (MOTTA, 1997; TOSTO, 2010; MAIA; ROMEIRO; REYDON, 2004). As aplicações do método são diversas, a exemplo de estudos como de Mattos *et al.* (2007) que estimaram o valor de áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa-MG; Adams *et al.* (2008) que utilizaram a avaliação contingente para estimar o valor econômico total da preservação da área do Morro do Diabo na Mata Atlântica-SP, Tostô (2010) que estimou a disposição a pagar da população de Araras pela revegetação de matas ciliares, Venerosi *et al.* (2014) nas pesquisa de disposição a pagar pela diminuição de riscos ecológicos e a saúde provocados por inundações em diferentes cenários climáticos; Trujillo *et al.* (2016) nos estudos de DAP pela conservação de recifes de corais ameaçados no Caribe e Rosa *et al.* (2016) na DAP pela preservação dos manguezais na Amazônia Oriental.

Na aplicação da valoração contingente na Amazônia, os estudos de Santana *et al.* (2016) e Santana *et al.* (2017) que estimaram o valor econômico total da vegetação da área de Savana Metalófito da Floresta Nacional de Carajás, estado do Pará, foram pioneiros no desenvolvimento e aplicação de metodologia de avaliação contingente que transcende a teoria neoclássica através um modelo que integra tanto os conhecimentos da economia ambiental neoclássica como o da economia ecológica. Outro diferencial do método se dá pela integração das dimensões do desenvolvimento sustentável (dimensão ambiental, social e econômica), através de equações de Disposição a pagar (DAP) e Disposição a Receber (DAR) estimadas simultaneamente para os ativos naturais. Este método foi denominado de Método Integrado de Avaliação Contingente (MIAC), e será utilizado como instrumental metodológico neste capítulo, no objetivo de estimar o valor econômico total dos sistemas agroflorestais de Tomé-Açu na percepção da sociedade.

Nesta pesquisa, em vez de usar o valor de uso e o valor de não uso para estimar o valor econômico total do ativo natural, o que apresenta grande dificuldade na categorização dos ativos em percepção das pessoas, o MIAC trabalha com outra fundamentação teórica. O modelo MIAC centra-se nas variáveis associadas às dimensões econômicas, sociais e ambientais para estimar o valor dos ativos naturais e, por sua vez, o custo de oportunidade de preservação ou substituição por outras atividades econômicas (SANTANA *et al.*, 2017; SANTANA, 2020).

A decisão de preservar ou explorar os ativos naturais é modelada pela equação estrutural de disposição a pagar e disposição a receber, ambas representando o valor de máximo bem-estar gerado pelos serviços ecossistêmicos dos ativos naturais às pessoas. Estas equações são teoricamente inter-relacionadas, portanto, devem ser especificadas por um sistema de equações para evitar erros na especificação do modelo. As equações de DAP e DAR constituem o MIAC,

que deve ser estimadas usando o método de regressão aparentemente não relacionado. Dessa forma, o modelo gera o máximo bem-estar, estimado pelos aspectos socioeconômicos e excedente ambiental dos bens de consumo e produtores e serviços gerados pelos ativos (SANTANA *et al.*, 2017; SANTANA, 2018).

As demandas do mercado dos consumidores por produtos e serviços ecossistêmicos oferecidos pelos ativos naturais das propriedades rurais são especificadas no MIAC pelas equações DAP e DAR, conforme segue (SANTANA, 2015; SANTANA *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2020):

$$\text{MIAC} \left\{ \begin{array}{l} DAP = f(DECOR, DSOC, DAMB; \alpha) \\ DAR = f(DECOR, DSOC, DAMB; \beta) \end{array} \right. \quad (2)$$

Onde α e β são os vetores dos parâmetros a serem estimados, *DECOR* é a dimensão econômica, *DSOC* é a dimensão social e *DAMB* é a dimensão ambiental.

Portanto os serviços ecossistêmicos prestados pelos SAFs de Tomé-Açu por não possuírem preço de mercado, foram valorados através do Modelo Integrado de Avaliação Contingente (MIAC), proposto por Santana (2015; 2018; 2020), Santana *et al.* (2016) e Santana *et al.* (2017).

2.3 Material e Métodos

Os métodos de pesquisa utilizados de forma concomitante foram: o método estatístico e o método monográfico, caracterizado pelo estudo de caso (MARCONI; LAKATOS, 2007). Quanto ao tipo de pesquisa, trata-se de uma pesquisa quali quantitativa, descritiva explicativa, pois além de registrar, analisar os fenômenos estudados, procura identificar suas causas, no objetivo de aprofundar o conhecimento do “por que” das coisas através dos resultados oferecidos (FONSECA, 2002; ANDRADE, 2009).

Caracteriza-se ainda como pesquisa de campo, cuja coleta de dados ocorre diretamente no local da ocorrência dos fenômenos, através da técnica de observação direta extensiva, realizada por meio de formulários aplicados a uma amostra representativa da população de 62.854 habitantes do município de Tomé-Açu (PA) objeto de estudo, com nível de confiança de 95% e erro amostral de 5% (MARCONI; LAKATOS, 2007; ANDRADE, 2009).

2.3.1 Delineamento amostral e coleta de dados do formulário

O delineamento amostral se deu com base na literatura e consultas prévias as instituições locais. No município de Tomé-Açu, as instituições consultadas foram: prefeitura municipal, secretaria de agricultura, secretaria municipal de meio ambiente e Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu durante o primeiro semestre de 2018

O Plano Diretor de Tomé-Açu instituído pela Lei Municipal Complementar nº 011/ 2006 (TOMÉ-AÇU, 2006) mostra que o município é dividido em núcleos urbanos (Tomé-Açu e Quatro Bocas) e núcleos agourbanos (agrovilas). Em entrevistas prévias, as instituições no município, nesse caso a prefeitura municipal, secretaria de administração e secretaria de meio ambiente relataram que a população rural e urbana do município pode ser considerada equitativamente distribuída, ou seja, 50% da população localiza-se no núcleo urbano e 50% no núcleo agourbano composto por agrovilas, das quais 13 foram relatadas como as mais povoadas e de fácil acesso e portanto foram incluídas na amostragem do núcleo agourbano. Sendo assim, determinou-se a amostragem representativa da população total do município de 62.854 habitantes, obtida pela seguinte equação (SANTANA; SANTOS; SANTANA, 2014):

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{Z^2 \cdot p \cdot (1-p) + e^2 \cdot (N-1)} \quad (3)$$

Onde n: número mínimo de pessoas a serem entrevistadas; N: tamanho da população; Z: variável normal padronizada associada ao nível de confiança; p: verdadeira probabilidade do evento; e, e: erro amostral. Portanto, a amostragem calculada para 5% de erro amostral e nível de confiança de 95% foi o mínimo de 382 entrevistados da população Tome-Açuense. Nessa pesquisa foram entrevistados efetivamente 398 munícipes; e, com base nas entrevistas prévias nas instituições, a distribuição da amostra se deu da seguinte forma: 50% foram entrevistas realizadas nos núcleos urbanos Tomé-Açu e Quatro-bocas e os demais 50% foram divididos entre as agrovilas mais povoadas do município.

Foram realizadas 98 e 102 entrevistas nos núcleos de Tomé-Açu e Quatro Bocas respectivamente; as demais entrevistas foram realizadas nas 13 agrovilas consideradas mais povoadas, são elas: Ramal Ipitinga – 23 entrevistados; Açaitéua – 9 entrevistados; Jamic – 11 entrevistados; Vila Água Branca – 17 entrevistados; Vila Forquilha – 42 entrevistados; Vila Turé – 8 entrevistados; Vila Breu – 26 entrevistados; Vila Socorro – 11 entrevistados; Vila do Km 40 – 13 entrevistados; Vila Água Azul – 8 entrevistados; Colônia Marupauba – 10 entrevistados; Vila Km 23 – 12 entrevistados e Vila Tropicália – 8 entrevistados. Os

entrevistados selecionados deveriam ter mais de 15 anos, serem alfabetizados e no mínimo já terem ouvido falar dos sistemas agroflorestais na região.

Seguidamente, as etapas da pesquisa foram: a). Preenchimento dos formulários (APÊNDICE A) junto aos munícipes, formulário este adaptado de Santana *et al.* (2016) para valoração de ativos naturais através do MIAC; e b) Organização e análise dos dados.

Na abordagem do entrevistado buscou-se esclarecer o objetivo da pesquisa, bem como as características dos sistemas agroflorestais do município; também foram mostradas imagens com diferentes composições de Sistemas Agroflorestais, para assim dar condições necessárias ao entrevistado no ato de declarar sua disposição a pagar ou a receber um valor monetário pelos serviços ecossistêmicos ofertados pelos SAFs.

Essa pesquisa de campo através do formulário específico que incorporou sessões de perguntas de caráter sociodemográfico (idade, sexo, tempo de moradia no local, escolaridade, local de origem, estado civil e renda), de caráter ecológico e socioambiental, e de disposição a pagar e de disposição a receber cujas faixas foram estabelecidas com base no preço da terra ocupada com diversos sistemas de produção agrícola, pecuário e com florestas do município e da região, foram a base para a estimação dos parâmetros da equação do MIAC.

2.3.2 O modelo integrado de avaliação contingente - MIAC

Considerando-se que os serviços ecossistêmicos prestados pelos SAFs não possuem preço de mercado, para valorá-los utilizou-se o MIAC, proposto por Santana (2015), Santana *et al.* (2016) e Santana *et al.* (2017). Esses com ampla aplicação em diversos estudos, tais como Santana e Khan (1992), Carson (2012), Groot *et al.* (2012), Santana (2014), Bentes *et al.* (2014), Santana *et al.* (2015), Rosa *et al.* (2016), Santana *et al.* (2016), Santana *et al.* (2017), Begot (2018) e Oliveira *et al.* (2020).

O modelo foi composto de diversas variáveis expressas nas seguintes dimensões: **a. econômica** é representada pela variável renda e a variável *dummy* relacionada aos valores diferenciados da DAPSAF e DARSAF, que assumiram zero para os valores menores ou iguais a média e 1 para os valores acima da média; **b. social** é representada pelas variáveis idade, sexo, tempo que vive no local, educação, atividade principal como fonte de renda e local de origem; **c. ambiental** é representada pelo indicador ambiental e incluiu 12 variáveis relacionadas à proteção de bacias hidrográficas e qualidade da água, conservação e recomposição da biodiversidade, controle de erosão, recuperação de áreas degradadas, utilização de agrotóxicos, uso de fertilizantes e adubos químicos, uso sustentável da terra na Amazônia, qualidade de vida da população, SAFs como geração de emprego e renda, belezas cênicas e atrativo turístico).

A aplicação do MIAC na valoração dos serviços ecossistêmicos dos SAFs contemplou as equações da disposição a pagar um valor máximo pela conservação das áreas de SAFs no município, e da disposição a receber um valor mínimo para abrir mão das áreas de SAFs em substituição por outros sistemas de produção. Assim, as equações da *DAPSAF* e da *DARSAF* foram especificadas em um sistema de equações aparentemente não relacionadas, conforme Santana (2014) e Santana *et al.* (2016):

$$DAPSAF_i = \beta_{10} + \beta_{11}Idade_i + \beta_{12}Sexo_i + \beta_{13}Educação_i + \beta_{14}Renda_i + \beta_{15}Tfamília_i + \beta_{16}Lorigem_i + \beta_{17}Dambiental_i + \beta_{18}TQVNL + \beta_{19}ATV + \beta_{110}VDDAP_i + u_{i1} \quad (7)$$

$$DARSAF_i = \beta_{20} + \beta_{21}Idade_i + \beta_{22}Sexo_i + \beta_{23}Educação_i + \beta_{24}Renda_i + \beta_{25}Tfamília_i + \beta_{26}Lorigem_i + \beta_{27}Dambiental_i + \beta_{28}TQVNL + \beta_{29}ATV + \beta_{210}VDDAR_i + u_{i2} \quad (8)$$

Em que *DAPSAF*: Disposição a Pagar um valor máximo para a conservação das áreas de SAFs no município de Tomé-Açu em R\$/ha, pelo entrevistado *i*; *DARSAF*: disposição a receber um valor mínimo para abrir mão das áreas de SAFs tal como utilizadas no município em R\$/ha, pelo entrevistado *i*; *Idade* ± idade em anos do entrevistado *i*; *Sexo*: sexo do entrevistado *i* (0 para masculino e 1 para feminino); *Educação*: nível de escolaridade do entrevistado *i*; *Renda*: renda do entrevistado *i* (em R\$ por mês); *Tfamília*: tamanho da família do entrevistado *i*; *Lorigem*: local de origem do entrevistado *i*; *Dambiental*: Percepção do entrevistado *i* com relação a 12 variáveis relacionadas aos produtos e serviços ecossistêmicos fornecidos pelos SAFs, compiladas em um indicador que configurou a dimensão ambiental dos SAFs; *TQVNL*: Tempo que o entrevistado *i* vive no município; *ATV*: Atividade principal como fonte de renda; *VDDAP*: variável *dummy* relacionada aos valores de *DAPSAF* (sendo 0 para os valores médios e 1 para os valores diferentes da média e que podem influenciar em proporção significativa acima da média); *VDDAR*: variável *dummy* relacionada aos valores de *DARSAF* (sendo 0 para os valores <= à média e 1 para os valores > média); u_1, u_2 : termos de erro aleatórios; β : Vetor dos parâmetros do sistema de equações aparentemente não relacionadas, a ser estimado pelo método de Mínimos Quadrados Generalizados (MQG), por meio do software EVIEWS, versão 7 de 2012 (SANTANA *et al.*, 2016).

Participaram da composição das dimensões econômica, social e ambiental somente as variáveis que se mostraram significativas para especificar o modelo. A dimensão econômica foi composta pelas variáveis renda e *dummy* essa última captou os valores atípicos acima da média de *DAPSAF* e *DARSAF*; a dimensão social ficou composta pelas variáveis sexo,

educação, tempo que vive que no local (somente para DAPSAF); a dimensão ambiental foi representada pelo indicador ambiental que compilou 12 variáveis que captaram a percepção ambiental referente aos serviços ecossistêmicos dos SAFs e o bem-estar da população. A técnica de análise fatorial utilizada na construção do indicador que compôs a dimensão ambiental é descrita no item a seguir.

2.3.3 Construção da dimensão ambiental via análise fatorial

A análise fatorial/análise de componente principal é uma abordagem estatística que pode ser usada para analisar inter-relações entre um grande número de variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes comuns, com o objetivo de condensar a informação contida em várias variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas, os chamados fatores, com uma perda mínima de informação (SANTANA, 2005; HAIR JÚNIOR *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2016; SANTANA *et al.*, 2018).

Nesse estudo ela foi utilizada para resumir as informações do fenômeno estudado em um número de fatores menor do que o número total de variáveis e sem perda significativa de informação, conforme proposto por Santana *et al.* (2016) e Santana *et al.* (2017). O modelo da AF é estruturado da seguinte forma:

$$Y_i = \psi_y F_i + \mu_i + e_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (4)$$

Em que ψ_y é a matriz de cargas fatoriais ($p \times 1$), F_i é o vetor de fatores latentes ($p \times q$) e e_i é o vetor de erros aleatórios ($p \times 1$). Os F_i e e_i têm variâncias iguais a: $V(F_i) = \Sigma_f$ e $V(e_i) = \Sigma_e$, que originam a matriz de covariância de Y_i , dada por $V(Y_i) = \psi_y \Sigma_f \psi_y' + \Sigma_e$ (SANTANA, 2007; SANTANA *et al.* 2016; SANTANA *et al.*, 2018). O primeiro termo do lado direito dessa equação representa a covariância dos fatores comuns e o segundo termo a covariância do erro. Assim, a parcela da variância comum presente na variável, também denominada de comunalidade, é representada pelos elementos da diagonal principal de $\psi_y \Sigma_f \psi_y'$, uma vez que a variância específica do erro é dada pelos elementos da diagonal principal de Σ_e .

Os erros são ortogonais aos fatores latentes, ou seja, $\text{Cov}(e_i) \mathbb{1} = E(e_i) \mathbb{1} = 0$. Assim, as inter-relações entre as p variáveis são totalmente explicadas pelos q fatores latentes. Isto significa que os vetores e_i e F_i representam duas fontes de variação distintas e independentes. Assim, com $\Sigma_f = I_q$, o modelo reduz-se a $V(y_i) = \psi_y \psi_y' + \Sigma_e$.

A adequação da amostra à AF foi aferida pelos testes de Kaiser-Meyer-Oklin (KMO) e de Bartlett (HAIR JÚNIOR *et al.*, 2009). O método da rotação ortogonal *varimax* foi utilizado porque tende a gerar um padrão mais simples e significativo para interpretar os fatores.

A dimensão ambiental (*Dambiental*) foi definida conforme Santana (2007), Santana *et al.* (2016) e SANTANA *et al.* (2018) da seguinte forma:

$$Dambiental_i = \sum_{j=1}^q \left(\frac{\lambda_j}{\sum \lambda} F_{ij} \right); (i = 1, \dots, N) \quad (5)$$

Em que λ é a variância explicada por cada fator e $\sum \lambda$ é a soma total da variância explicada pelo conjunto de fatores comuns. O escore fatorial foi padronizado (*FP*) para se obter valores positivos. A fórmula utilizada foi a seguinte, em que $F_{máx}$ e F_{min} são os valores máximo e mínimo observados para os escores fatoriais associados às famílias entrevistadas:

$$FP_i = \left(\frac{F_i - F_{min}}{F_{max} - F_{min}} \right); (i = 1, \dots, T) \quad (6)$$

Para a interpretação dos resultados, estabeleceram-se os seguintes intervalos do indicador que constitui a dimensão ambiental: valores da *Dambiental* igual ou superior a 0,8 são considerados muito altos; valores entre 0,6 e 0,8 são considerados altos; valores situados entre 0,4 e 0,6 são intermediários; valores menores que 0,4 são considerados baixos. Os intervalos estabelecidos para avaliação do indicador foram baseados nos estudos de Santana *et al.* (2018) que analisou a percepção da sociedade quanto aos serviços ecossistêmicos fornecidos pela Floresta Nacional dos Carajás.

Contudo, os resultados gerados a partir deste indicador que reflete a participação da componente ambiental no valor econômico total dos ativos naturais tendem a apontar o grau de percepção dos entrevistados sobre o benefício socioeconômico e ambiental gerados pelos SAFs. Dessa forma pode-se obter o efeito das variáveis ambientais nas equações de DAP e DAR da avaliação contingente, nos moldes do MIAC, proposto por Santana (2015) evitando assim problemas de multicolinearidade devido ao grande número de variáveis qualitativas nas equações, ao passo que se integra os preceitos econômicos e ecológicos.

2.4 Resultados e Discussão

Antecedendo-se ao modelo econométrico é feita uma descrição do perfil socioeconômico dos entrevistados admitindo-se que as características socioeconômicas como idade, gênero, renda e educação podem afetar a percepção quanto aos serviços ecossistêmicos e conseqüentemente a atribuição de valor.

2.4.1 Síntese do perfil socioeconômico dos entrevistados

A pesquisa totalizou 398 formulários válidos e a amostra contemplou 54,27% dos entrevistados do sexo masculino e 45,73% do sexo feminino. A idade dos entrevistados variou entre 15 e 85 anos. Destes, 49,7% estavam na faixa de 15 a menos de 25 anos, 18,3% na faixa de 25 a menos de 35 anos, 17,1% de 35 a menos de 45 anos, 7,3% de 45 a menos de 55 anos, 5,8% de 55 a menos de 65 anos e por fim uma pequena parcela de 1,8% de pessoas de 65 a menos de 85 anos (Tabela 1).

Tabela 1 - Perfil socioeconômico dos entrevistados, Tomé-Açu, Pará, 2018.

Variáveis	Homem		Mulher		Geral		
	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹ m	% ²	Qnt ¹	% ²	
Idade	De 15 a menos de 25 anos	107	49,5	91	50,0	198	49,7
	De 25 a menos de 35 anos mm	35	16,2	38	20,9	73	18,3
	De 35 a menos de 45 anos	26	12,0	42	23,1	68	17,1
	De 45 a menos de 55 anos	22	10,2	7	3,8	29	7,3
	De 55 a menos de 65 anos	19	8,8	4	2,2	23	5,8
	De 65 a menos de 85 anos	7	3,2	0	0,0	7	1,8
Educação	Fundamental incompleto	24	11,1	8	4,4	32	8,0
	Fundamental Completo	8	3,7	2	1,1	10	2,5
	Médio incompleto	18	8,3	6	3,3	24	6,0
	Médio completo	38	17,6	20	11,0	58	14,6
	Superior incompleto	104	48,1	113	62,1	217	54,5
	Superior completo	15	6,9	21	11,5	36	9,0
	Especialização	7	3,2	10	5,5	17	4,3
	Mestrado	2	0,9	1	0,5	3	0,8
Doutorado	0	0,0	1	0,5	1	0,3	
Tamanho da família	Uma a duas pessoas	23	10,6	34	18,7	57	14,3
	3 a 4 pessoas	123	56,9	84	46,2	207	52,0
	5 a 6 pessoas	52	24,1	60	33,0	112	28,1
	7 a 8 pessoas	12	5,6	4	2,2	16	4,0
	9 a 10 pessoas	2	0,9	0	0,0	2	0,5
	11 a 16 pessoas	4	1,9	0	0,0	4	1,0

Tabela 1 -Perfil socioeconômico dos entrevistados, Tomé-Açu, Pará, 2018 (Continua).

Variáveis	Homem	Mulher	Geral	Homem	Mulher	Geral
	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹
Renda						
De 1 SM a menos de 2 SM	131	60,6	119	65,4	250	62,8
De 2 SM a menos de 3 SM	41	19,0	32	17,6	73	18,3
De 3 SM a menos de 5 SM	18	8,3	18	9,9	36	9,0
De 5 SM a menos de 10 SM	16	7,4	10	5,5	26	6,5
De 10 SM a menos de 25 SM	8	3,7	2	1,1	10	2,5
De 25 SM a menos de 40 SM	2	0,9	1	0,5	3	0,8

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: ¹Qnt: quantidade em número; ²%; quantidade em porcentagem.

A faixa etária dos entrevistados concentrou-se na população jovem do município na faixa de idades entre 15 a 35 anos, dado que este que corrobora com a pirâmide etária predominante dessa população conforme o último censo de 2010 e estimado para o ano de 2020 (IBGE, 2021).

O nível de educação dos entrevistados, representado pelos anos de escolaridade, concentrou-se em ensino médio completo e superior incompleto fruto da qualificação educacional oportunizada a população, sobretudo ao público jovem. No caso particular de Tomé-Açu, a forte presença do capital social pode ter influenciado na formação de demandas inerentes ao desenvolvimento, como a educação de formação superior voltadas para as aptidões produtivas do local (SANTOS; VIEIRA; SANTOS, 2018).

Atualmente atuam na região universidades públicas como a Universidade Federal do Pará (UFPA), a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e o Instituto Federal do Pará (IFPA), sendo que as duas primeiras instituições operam também no âmbito do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR) que contribuiu para a formação de grande parte dos professores no município; além das instituições de ensino superior privadas nas modalidades presencial e à distância. Esta característica peculiar ao município de Tomé-Açu, com a atuação de várias instituições de ensino superior que ofertam cursos que abordam a temática da sustentabilidade contribuiu para o domínio e reconhecimento dos temas inerentes a valoração dos serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais, trazendo maior clareza na identificação, reconhecimento e qualificação do valor dos serviços ecossistêmicos.

Na avaliação contingente, Santana *et al.* (2016) e Santana (2021) evidenciaram que o nível de educação e a cultura local são variáveis que geralmente mostram significância estatística na análise econométrica. Já para a variável idade, os mesmos autores enfatizam que,

os resultados empíricos geralmente não apresentam significância estatística, como também ocorreu nesta pesquisa.

Quanto ao tamanho da família, verificou-se que 52% dos entrevistados possuem de 3 a 4 membros na família e 28,1% possuem de 5 a 6 membros. Portanto, 80% da amostra possuem de 3 a 6 pessoas na família, esse aspecto é fundamental para a análise da renda, considerada nesta pesquisa como a renda da família. As principais ocupações como fonte da renda familiar dos entrevistados foram produtores rurais (21,11%), autônomos (19,10%), funcionários públicos (18,34%), empregados de empresas (6,78%), extrativistas (1,76%) e empresários (1,76%). Os demais desenvolvem atividades variadas.

Ainda com relação à renda dos entrevistados, principal variável definidora da dimensão econômica, 81,16% ganham até três salários mínimos (SM) por mês. Um percentual de 9,0% ganham mais de três e menos de cinco SM por mês, outro de 6,5% ganham entre 5 e 10 SM, e finalmente 0,75% ganham mais de 25 SM a menos de 40 SM (Tabela 2). Em geral a população do município mostra a estrutura de concentração de renda brasileira em que 27,61% recebem menos de 1 SM e 0,75% ganham de 25 SM a menos de 40 SM por mês.

Conforme observado na Tabela 2, 62,8% dos entrevistados ganham de 1 a 2 SM, dos quais 10,1% possuem de 1 a 2 membros, 32,9% tem de 3 a 4 membros, 16,3% possuem de 5 a 6 membros e apenas 0,5% tem de 8 a 10 pessoas na família. Já 18,3% recebem de 2 a 3 SM e destes 2,3%, 9%, 5,5%, 0,5% e 1% situam-se na faixa de 1 a 2, 3 a 4, 5 a 6, 7 a 8 e 11 a 16 pessoas na família, respectivamente.

Seguindo na exposição da relação faixa salarial e tamanho da família, a faixa salarial de 3 a 5 SM concentrou 9% dos entrevistados, dos quais 1,3%, 5,3% e 2,5% apresentaram de 1 a 2, 3 a 4 e 5 a 6 membros na família respectivamente. Por outro lado, 6,5% dos entrevistados recebem de 5 a 10 SM, onde 0,5% destes possuem uma família com 1 a 2 pessoas, 3,3% possuem de 3 a 4 pessoas e 2,8% possuem de 5 a 6 pessoas na família.

Por fim as faixas de renda de 10 a 25 SM e de 25 a 40 SM corresponderam a 2,5% e 0,8% dos entrevistados respectivamente. Dos 2,5% dos entrevistados na faixa de renda de 10 a 25 SM, 0,3% possuem de 1 a 2 membros na família, 0,8% tem de 3 a 4 membros, 1% possuem 5 a 6 membros e 0,5% tem uma família composta de 7 a 8 membros. De maneira geral, este comportamento entre a renda e o tamanho da família da população entrevistada mostrou que para faixas de renda mais baixas (de 1 SM a menos de 2 SM e de 2 SM a menos de 3 SM), as famílias tendem a ser mais numerosas, nesse caso com até 6 membros. Já nas faixas de rendas mais altas (de 10 SM a menos de 25 SM e de 25 SM a menos de 40 SM), as famílias tendem a ser menores, com apenas 1,5% dos entrevistados contendo de 6 a 8 pessoas em suas famílias.

Tabela 2 - Renda mensal em salários mínimos (SM) e quantidade de pessoas na família dos entrevistados.

Renda da família (SM: salário mínimo)	Tamanho da família (número de membros)										Geral			
	1 a 2		3 a 4		5 a 6		7 a 8		9 a 10				11 a 16	
	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹	% ²	Qnt ¹	% ²
De 1 SM a menos de 2 SM	40	10,1	131	32,9	65	16,3	12	3,0	2	0,5	0	0,0	250	62,8
De 2 SM a menos de 3 SM	9	2,3	36	9,0	22	5,5	2	0,5	0	0,0	4	1,0	73	18,3
De 3 SM a menos de 5 SM	5	1,3	21	5,3	10	2,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	36	9,0
De 5 SM a menos de 10 SM	2	0,5	13	3,3	11	2,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	26	6,5
De 10 SM a menos de 25 SM	1	0,3	3	0,8	4	1,0	2	0,5	0	0,0	0	0,0	10	2,5
De 25 SM a menos de 40 SM	0	0,0	3	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	0,8
Total	57	14,3	207	52,0	112	28,1	16	4,0	2	0,5	4	1,0	398	100,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: ¹Qnt: quantidade em número; ²%: quantidade em porcentagem.

2.4.2 Percepção da sociedade quanto aos serviços ecossistêmicos e indicador ambiental

Os serviços ecossistêmicos advindos da interação da fauna e flora dos sistemas agroflorestais de Tomé-Açu são percebidos direta e indiretamente pela sociedade, sobretudo pela população local. São serviços de regulação do ambiente (temperatura, chuvas, ventos, proteção de bacias hidrográficas), paisagístico (espécies florestais raras, composição dos cultivos semelhante a uma floresta), serviços de suporte (recuperação de áreas degradadas, controle de erosão, redução do uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos), educação ambiental (funções dos animais e vegetais no ecossistema, valores a serem preservados, conhecimentos sobre fauna e flora, singularidade e tradição quanto ao manejo agrícola na região), bem-estar social (qualidade de vida no município, estabilidade econômica, soberania alimentar e valorização do imóvel rural).

As variáveis da dimensão ambiental que refletem a importância dos serviços ecossistêmicos dos SAFs para o bem-estar da população foram percebidas pela maioria dos entrevistados como sendo de média à alta importância e os resultados para cada variável enquadradas nas quatro componentes do VET⁴ são apresentadas na Figura 7. A variável que refletiu a importância dos SAFs para a educação ambiental foi classificada como de alta importância por 73,12% dos entrevistados, seguido pela importância dos sistemas na recuperação de áreas degradadas tidos como de alta importância por 65,08% dos entrevistados. Ainda considerados como de alta importância pela maioria do universo entrevistado, estiveram as variáveis relacionadas ao estímulo gerado pelos SAFs na conservação e preservação da

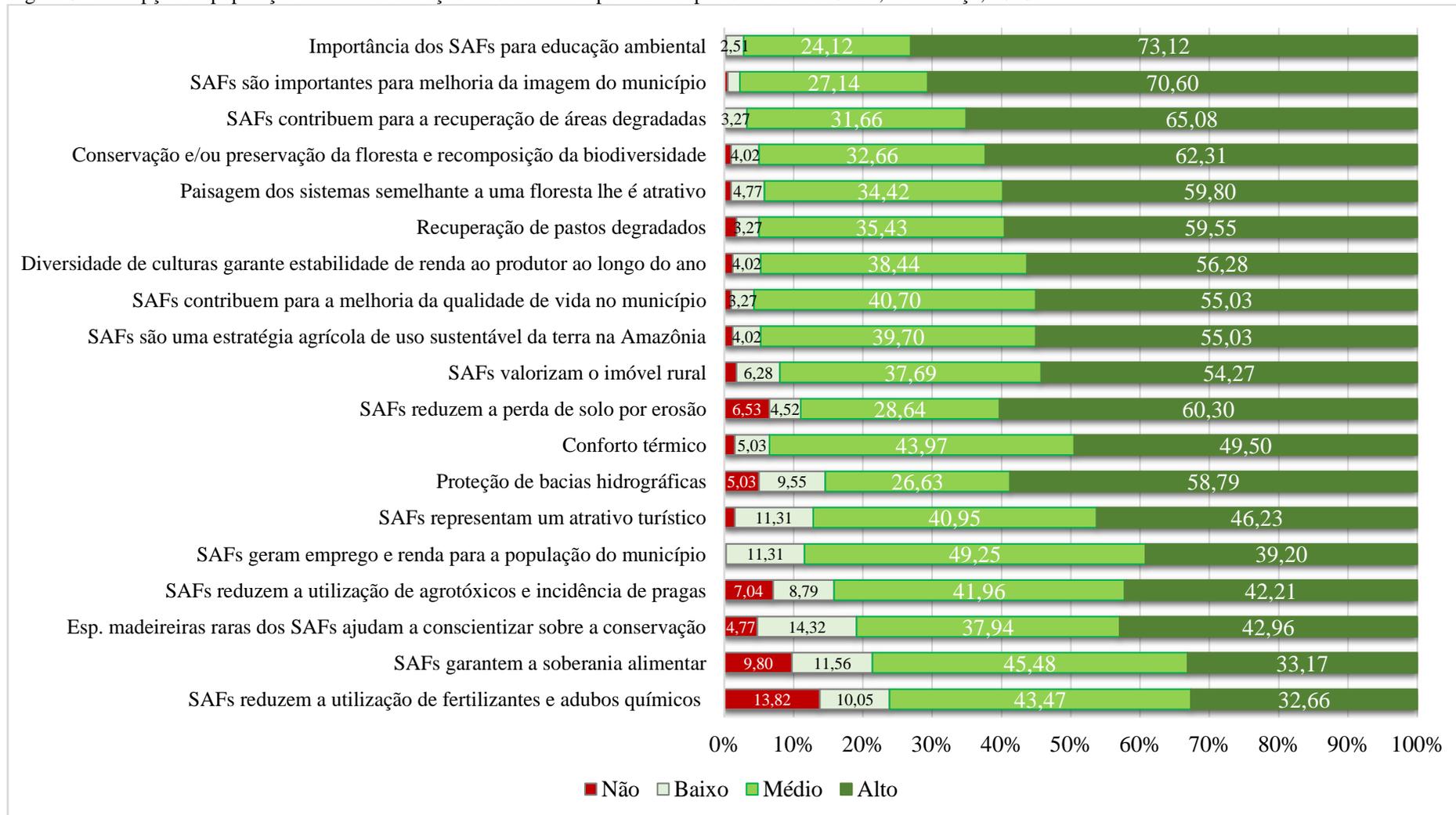
⁴ O enquadramento das variáveis da dimensão ambiental em quatro categorias de valor componentes do VET constam no Apêndice C.

biodiversidade (62,31% dos entrevistados), seguido da recuperação de pastos (59,55%), proteção de bacias hidrográficas (58,79%) e conforto térmico (49,5%) (Figura 8).

Estas variáveis integram respectivamente o valor de opção, existência e o valor de uso indireto dos SAFs e refletiram a categoria de serviços culturais e de regulação do ativo. Lima e Bastos (2019) corroboram com esses resultados de percepção ao expor que os serviços de regulação são de fácil observação e percebidos com maior frequência, sobretudo em áreas com características de populações rurais. Ainda pela Figura 8, a proteção do solo contra a erosão exercida pelos SAFs também foi percebida como de média (28,64% dos entrevistados) e alta importância (60,3% dos entrevistados). Por outro lado a importância dos sistemas na fertilidade dos solos foi tida como de média importância por 42,47% dos entrevistados, essas variáveis integram os serviços de suporte dos SAFs e refletem parte do seu valor de uso indireto. As variáveis relacionadas aos serviços de provisão como a importância dos SAFs para a soberania alimentar e estabilidade de renda ao produtor foram percebidas por 45,48% e 56,28% respectivamente como de alta importância pelos entrevistados.

Consoante os estudos de Santana *et al.* (2018) e Begot (2018) que avaliaram o grau de percepção da população quanto a importância dos ativos naturais na Flona de Carajás e recursos pesqueiros dos municípios de Curuçá e Colares, a população atribuiu alta importância socioeconômica e ambiental, mostrando que esta população reconhece a função desses ativos naturais na manutenção do seu bem-estar. Este comportamento também ocorreu nessa pesquisa para a população de Tomé-Açu com relação ao ativo natural dos SAFs.

Figura 8 - Percepção da população acerca dos serviços ecossistêmicos produzidos pelos ativos dos SAFs, Tomé-Açu, 2018.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na pesquisa no município de Tomé-Açu, alguns entrevistados manifestaram através de registros de fala, a importância ambiental, cultural e socialmente construída acerca desses sistemas, bem como do valor que estes agregam ao seu bem-estar. Os comentários de alguns entrevistados são reproduzidos abaixo e revelam a importância desses sistemas para a população do município:

Antes de chegar o dendê pra cá, nós tínhamos igarapé para tomar banho, hoje o igarapé que eu ia quando eu era criança desapareceu e os que sobraram não dá pra tomar banho (Entrevistado 1, informação verbal, setembro/2018).

Eu cresci no meio dos SAFs, meu avô me ensinou a cuidar dos plantios no nosso sítio, sempre tivemos comida na mesa (Entrevistado 2, informação verbal, setembro/2018).

Fico preocupado quando chego aos mercados e feiras e vejo que a oferta de frutas, castanhas e alguns produtos fornecidos pelos SAFs reduziram muito, temo que meus filhos não consigam usufruir dos benefícios que temos hoje (Entrevistado 3, informação verbal, outubro/2018).

Até hoje meu pai se arrepende de ter arrendado sua área para o monocultivo do dendê, no sítio dele tinha banana, cacau, açaí e pimenta do reino, agora a área dele é só dendê (Entrevistado 4, informação verbal, novembro/2018).

Quando entro nos SAFs sinto que fica bem “friozinho”, bem diferente de quando estou aqui na Dionísio Bentes (avenida principal do núcleo urbano de Quatro-Bocas) (Entrevistado 5, informação verbal, outubro/2018).

Agradeço pelas informações fornecidas por essa pesquisa, e por trazer mais conhecimentos a respeito dos SAFs, pois eu tinha pouco entendimento na prática (Entrevistado 6, informação verbal, dezembro/2018).

Esses depoimentos obtidos das entrevistas mostram como a população percebe e reconhece a importância dos sistemas agroflorestais não somente como atividade produtiva, mas como ativo natural que fornece inúmeros benefícios para o seu bem estar. Outra questão importante na exposição dos relatos é a preocupação com a diminuição da oferta de produtos agrícolas variados, e o avanço dos monocultivos de dendê na região. Percebe-se ainda a necessidade de mais informações a respeito da oferta de serviços ambientais e condições de conservação da biodiversidade amazônica, pois tais informações norteiam acerca de como a população percebe os problemas ambientais, sua relevância para as atividades econômicas e para a manutenção da qualidade de vida.

Esses aspectos da percepção ambiental foram fundamentais na construção do indicador ambiental via análise fatorial que constituiu a dimensão ambiental. Os resultados da análise fatorial estão expressos na Tabela 3. A amostra mostrou-se passível a submissão da análise fatorial; a matriz de correlação apresentou determinantes diferentes de zero,

admitindo matriz inversa e a solução além de única tende a ser a que melhor representa o fenômeno estudado (SANTANA *et al.*, 2018).

Quanto à adequação da amostra o teste KMO foi de 0,764, superior ao limite aceitável de 0,5, e o teste de esfericidade de Bartlett foi significativo a 1% de probabilidade. Todas as comunalidades foram maiores que 0,5, validando a participação das variáveis na definição dos fatores. Ao total foram extraídos cinco fatores que explicaram 70,3% da variância total dos dados. Portanto o modelo foi bem especificado e tende a retratar fielmente a realidade.

A análise fatorial utilizada para definir um indicador capaz de refletir a dimensão ambiental dos SAFs foi configurada em cinco fatores (Tabela 3). A técnica de análise fatorial permitiu a construção da dimensão ambiental representado pelo comportamento das 12 variáveis descritoras dos efeitos produzidos pelos serviços ecossistêmicos dos sistemas agroflorestais sobre o bem-estar da população e que foram percebidos pelos entrevistados.

O primeiro fator explicou 15,47% da variância dos dados e foi representado por três variáveis que, na percepção dos entrevistados, refletem a importância dos SAFs na proteção de bacias hidrográficas, na recuperação de pastos degradados e no estímulo à conservação e/ou preservação da biodiversidade. Pelas magnitudes das cargas fatoriais, esse fator pode ser denominado como **conservação dos ecossistemas**. Esse fator mostrou que os SAFs, são reconhecidos como fonte permanente de garantia para a conservação ambiental, esta percepção é fruto da experiência social e localmente construída dos benefícios ambientais dos SAFs que a mais de 50 anos estão presentes no município com adaptações da agricultura japonesa.

A CAMTA exerce papel fundamental nessa construção de saberes através de projetos de responsabilidade socioambiental que oportunizam capacitação aos produtores com etapas de mobilização e sensibilização relacionadas aos benefícios que os SAFs promovem aos ecossistemas, sobretudo a conservação de bacias hidrográficas e da biodiversidade. Portanto esses aspectos conectam a população a esse conhecimento historicamente construído.

A funcionalidade ambiental dos SAFs de conservação dos ecossistemas potencializa a criação de valores as cadeias alimentares que compõe os sistemas, haja vista que os valores adicionais se dão sem exaurir os recursos naturais, trabalhando sinergicamente produção e sustentabilidade ambiental. Além disso, esse fator que evidenciou o papel de conservação dos ecossistemas exercido pelos SAFs coaduna com a

prerrogativa da agenda 2030, através de seu objetivo 2, meta 2.4 que prevê até 2030 o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis que aumentem a produtividade e mantenham os ecossistemas.

O segundo fator explicou 15,47% da variância e representa o efeito das seguintes variáveis: importância dos SAFs para a educação ambiental, para a melhoria da imagem do município e como atrativo pela paisagem florestal. Em função das maiores cargas fatoriais esse fator foi intitulado **sustentabilidade cultural** e está alinhado com a representatividade dos SAFs na identidade histórica e ambiental do município, a qual perpassa inclusive pela influência da imigração japonesa na forma de se trabalhar os cultivos e disseminar as particularidades desses agroecossistemas dentro e fora do país. Atualmente o município é conhecido no Brasil e no mundo pela sua forma singular de composição e manejo (Tabela 3). O fator dimensão cultural e imagem do município mostrou que a educação, sobretudo a de caráter formal exerce papel determinante na percepção ambiental dos entrevistados. Segundo Lima e Bastos (2019), as habilidades cognitivas características da educação formal potencializam a percepção dos serviços ecossistêmicos “invisíveis”.

O terceiro fator explicou 14,34% da variância comum e está relacionado às variáveis que expressam a importância dos SAFs na estabilidade de renda proporcionada pela diversidade de culturas bem como sua importância na recuperação de áreas degradadas no município (Tabela 3). Nesse caso podemos denominar o fator de **crescimento sustentável**, pois a população percebe tanto a estabilidade de renda associada à variedade de culturas quanto à função de recuperação de áreas degradadas, vale destacar que localmente já existem algumas iniciativas de políticas públicas, como o plano de recuperação de áreas degradadas do município que focaliza suas ações nos sistemas agroflorestais de Tomé-Açu para recuperação de áreas degradadas na região, o que acaba contribuindo para a mobilização e disseminação de prática de recuperação com esses sistemas, aliando ganhos econômicos e recuperação ambiental.

O crescimento sustentável é preconizado pela FAO (2014) como o crescimento que integra ao longo das cadeias produtivas de valor, inclusiva e sustentável as dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade. Tais cadeias devem associar ganhos econômicos sustentados ao longo do tempo com a geração de valores adicionais distribuídos aos mais pobres e a conservação dos recursos naturais. Konagano *et al.*, (2016) dentro dessa prerrogativa, como produtores rural de Tomé-Açu e disseminadores dos SAFs no município e em outras partes do mundo, consideram esses sistemas como sustentáveis,

pois ao passo que geram estabilidade econômica através da diversidade com geração de renda aos agricultores, contribuem também para a redução do desmatamento, recuperação de áreas degradadas e aumento da biodiversidade.

Outro ponto a destacar que coaduna com a perspectiva de crescimento sustentável dos SAFs é o programa de responsabilidade socioambiental da CAMTA que capacita agricultores familiares em situações de vulnerabilidade econômica e social para implementação de SAFs, com treinamento e acompanhamento por cerca de dois anos. Portanto, agricultores que antes cultivavam milho, arroz, feijão e mandioca, com pouco sucesso, hoje adotam os SAFs com as combinações principais de cacau, cupuaçu, açaí, pimenta-do-reino e essência florestal, não só para subsistência, mas também como garantia da estabilidade da renda familiar.

Tabela 3 - Matriz de cargas fatoriais do modelo representativo da dimensão socioambiental dos SAFs de Tomé-Açu, estado do Pará, 2018.

Variáveis	Fatores Comuns					Comunalidade
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	
Proteção de bacias hidrográficas.	0,840	0,037	0,006	0,162	0,061	0,778
Recuperação de pastos degradados.	0,703	0,077	0,230	0,119	0,246	0,715
Conservação e/ou preservação da floresta e recomposição da biodiversidade.	0,612	0,258	0,308	0,107	-0,101	0,639
Os SAFs são importantes para a educação ambiental.	0,063	0,749	0,178	0,079	0,071	0,607
Os SAFs são importantes para melhorar a imagem do município.	-0,022	0,745	0,223	0,008	0,185	0,795
A paisagem dos sistemas semelhante a uma floresta lhe é atrativa.	0,382	0,654	-0,018	0,064	0,002	0,804
A diversidade de culturas garante a estabilidade econômica, assegurando renda ao produtor ao longo do ano.	0,125	0,169	0,858	0,064	0,138	0,794
Os SAFs podem contribuir para a recuperação de áreas degradadas.	0,216	0,179	0,832	0,108	0,114	0,809
Os SAFs reduzem a utilização de agrotóxicos e a incidência de pragas.	0,140	0,090	0,001	0,879	0,089	0,557
Os SAFs promovem a redução do uso de fertilizantes e adubos químicos.	0,165	0,039	0,168	0,856	-0,061	0,736
Os SAFs geram emprego e renda para a população do município.	0,046	-0,013	0,184	-0,051	0,860	0,628
Os SAFs contribuem para a melhoria da qualidade de vida no município.	0,146	0,412	0,033	0,114	0,714	0,579
Soma de quadrado das cargas	1,857	1,857	1,721	1,6	1,407	6,039
Percentual do traço (%)	15,473	15,471	14,338	13,337	11,726	70,345
Adequação da amostra	KMO = 0,764; Bartlett's Test = 1215,645; ($p < 0,01$)					

Fonte: Dados da pesquisa.

As práticas de manejo agroflorestal com redução da utilização de insumos externos como agrotóxicos, fertilizantes e adubos químicos são expressos no quarto fator que explicou 13,34% da variância comum englobando as variáveis: redução do uso de

fertilizantes e adubos químicos e diminuição da incidência de pragas e utilização de agrotóxicos, esse fator foi denominado de **manejo ecológico**, haja vista que a população percebe que de fato ocorre a redução desses insumos no manejo dos agroecossistemas (Tabela 3). Corroborando com dados do último censo no qual 38% dos estabelecimentos agropecuários do município não utilizam adubação alguma e 84% dos estabelecimentos não utilizam agrotóxico (IBGE, 2019).

O manejo ecológico peculiar dos SAFs é reconhecido pela população, busca a redução do uso de fertilizantes sintéticos e pesticidas químicos e se alinham aos princípios de sustentabilidade ambiental das cadeias alimentares de valor inclusivas e sustentáveis pois a intensa utilização de insumos externos, principalmente agrotóxicos, muito comuns na agricultura convencional, podem provocar sérios impactos aos ecossistemas e a saúde humana. Sendo assim, o manejo ecológico dos SAFs aumenta a sustentabilidade ambiental e social ao produzir alimentos de melhor qualidade com redução de impactos aos ecossistemas, o que pode aumentar a criação de valor nas cadeias de alimentos inseridas nos sistemas.

Por fim, o quinto fator explicou 11,73% da variância comum e relaciona-se com as variáveis que expressam o papel dos SAFs na geração de emprego e renda, bem como a melhoria da qualidade de vida no município (Tabela 3). Este fator foi denominado de **crescimento inclusivo**, pois a atividade agrícola nos plantios garante o sustento de muitas famílias e demandam mão-de-obra ao longo das etapas de preparo de área, plantio e colheita nas diversas culturas e em períodos de tempo distintos. Ao passo que melhora a qualidade de vida no município através da geração do emprego e renda e da oferta de alimentos de qualidade e que também refletem na saúde da população.

Em uma cadeia produtiva de valor, inclusiva e sustentável o crescimento para ser inclusivo necessita de sustentabilidade econômica e social pois a lucratividade produtiva deve estar associada a incorporação das populações mais pobres nas cadeias, incluindo jovens, velhos, homens e mulheres sem distinção, oportunizando a todos os benefícios do processo de crescimento (FAO, 2014). Este fator mostra também que a população reconhece que a dinâmica dos SAFs de Tomé-Açu que englobam principalmente as cadeias produtivas do cacau, cupuaçu, açaí e pimenta-do-reino geram renda e oportunidades de emprego a muitas pessoas, e com a diversificação dos cultivos estas contratações tendem a formalidade, haja vista que o arranjo dos sistemas faz com que a área produtiva necessite de mão-de-obra o ano inteiro, demandando a formalização do trabalhador rural.

Todos esses fatores que expressam a percepção da população quanto aos benefícios socioeconômicos e ambientais dos SAFs, foram expressos através do indicador da dimensão ambiental que revelou que mais de 60% da população classificou os benefícios dos SAFs como de importância alta a muito alta para a sociedade, contrastando-se a apenas 12,86% da população que classificou os benefícios dos sistemas como de baixa importância. Os demais, 25,38% classificou os benefícios na faixa de média importância para o bem-estar da sociedade (Tabela 4).

Tabela 4 - Indicador da dimensão ambiental que refletiu a percepção quanto aos benefícios dos SAFs para a sociedade.

Intervalos*		Nº de Entrevistados	
		Quantidade	Porcentagem
Baixo	<0,4	51	12,81
Médio	0,4 - 0,6	101	25,38
Alto	06 - 0,8	121	30,40
Muito alto	>0,8	125	31,41
TOTAL		398	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Notadamente os sistemas agroflorestais fornecem benefícios de relevante importância para o bem-estar da população que alinham-se aos preceitos do plano de ação da agenda 2030, através de seus 17 objetivos de desenvolvimento sustentável. Na perspectiva dos ODS pode-se constatar uma relação direta entre os objetivos 2, 8 e 15 e as funções socioeconômicas e ambientais dos SAFs de Tomé-Açu evidenciadas pela população. No objetivo 2 (fome zero e agricultura sustentável), especificamente meta 2.4, a agenda 2030 almeja garantir sistemas sustentáveis que aliem aumento de produtividade, manutenção dos ecossistemas, adaptação as condições meteorológicas extremas e melhoria da qualidade do solo.

O objetivo 8 busca “promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho decente para todos” este objetivo convergem para as cadeias produtivas dos SAFs ao buscar níveis mais elevados de produtividade das economias através da diversificação, focando em setores de alto valor agregado e intensivos em mão-de-obra. Outro ponto importante de enfoque nesse objetivo é a necessidade de dissociação entre crescimento econômico e degradação ambiental.

Já no que diz respeito a vida terrestre, pontuada no objetivo 15 os SAFs podem ser estrategicamente utilizados no combate a degradação dos solos e sua perda, como já vem compondo a legislação nacional como instrumentos para a recuperação de áreas degradadas.

Ainda com relação ao objetivo 15 em sua meta 15.9 que busca “integrar os valores dos ecossistemas e da biodiversidade ao planejamento nacional e local, nos processos de desenvolvimento, nas estratégias de redução da pobreza, e nos sistemas de contas” e, tendo em vista que os produtores rurais exercem o protagonismo na oferta de serviços ecossistêmicos e geração de emprego e renda através dos SAFs as políticas de desenvolvimento desempenham papel fundamental para direcionar as decisões desses agricultores.

Esse direcionamento de políticas de desenvolvimento pode resultar no aumento e/ou diminuição das externalidades da atividade agrícola, sejam elas positivas ou negativas. Sendo assim, caso a sociedade requeira mais externalidades positivas, então se deve adotar mecanismos para incentivar os produtores, como o programa de pagamento por serviços ambientais (FAO, 2007). Esses programas também podem ser oportunos na potencialização e estímulo a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis como os SAFs praticados em imóveis rurais de Tomé-Açu que fornecem diversos serviços ecossistêmicos reconhecidos pela sociedade e expressos nos fatores que compuseram a dimensão ambiental do VET dos SAFs de Tomé-Açu.

Os resultados revelados pela sociedade apontam a importância da dimensão ambiental na composição do valor econômico total, acrescentando o aspecto intrínseco da valoração dos serviços ecossistêmicos dos SAFs, através da inclusão ao MIAC das perspectivas dessa população relacionadas aos usos dos serviços ecossistêmicos dos SAFs, pois contempla o efeito conjunto de suas variáveis formadoras (12 variáveis) nos sistemas de equações aparentemente não relacionadas. Outra questão relevante destacada por Santana *et al.* (2016) é que ao se integrar as variáveis ambientais ao MIAC, na forma de um indicador, evita-se problemas de multicolinearidade no modelo econométrico, portanto o indicador da dimensão ambiental construído via análise fatorial foi incluído na estimativa dos modelos de *DAPSAF* e *DARSAF* dos sistemas de equações.

2.4.3 O valor dos serviços ecossistêmicos dos SAFs na percepção da sociedade

Adentrando na análise do modelo econométrico, as variáveis explanatórias incluídas nas equações de *DAPSAF* e *DARSAF* explicaram 55,8% e 69,2%, respectivamente, de suas variabilidades. Os sinais dos coeficientes associados às variáveis das equações estão de acordo com os pressupostos teóricos e apresentam significância estatística abaixo de 10%, exceto o parâmetro da variável tamanho da família, que não foi significativo em ambas as equações e o tempo que vive no município na equação *DARSAF*

(Tabela 5, APÊNDICE C). Estes resultados indicam que o modelo foi corretamente identificado e os resultados podem representar, na percepção da população, o valor real dos serviços ecossistêmicos produzidos pelos SAFs.

A variável renda apresentou relação direta com a *DAPSAF* e *DARSAF*, indicando que as pessoas com rendas mais altas estão dispostos a pagar valores acima da média pela manutenção dos SAFs, com vistas a manter os níveis de bem-estar e melhorias na qualidade ambiental (PEARCE; TURNER, 1990; COSTANZA *et al.*, 2014; BEGOT, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2020). Com isto, um acréscimo de R\$ 1.000,00 na renda dos entrevistados tende a gerar um aumento de R\$ 112,90 na *DAPSAF* por hectare para preservar os imóveis rurais com SAFs no município de Tomé-Açu, e um incremento de R\$ 92,00 na *DARSAF* por hectare para substituir os SAFs por outra forma de uso das terras, *ceteris paribus*.

Estes resultados estão coerentes com os encontrados em alguns trabalhos como de Tostô (2010) que estimou o valor econômico total que a população de Araras está disposta a pagar pela revegetação de matas ciliares, de Mattos *et al.* (2007) que estimaram o valor de áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa-MG, Adams *et al.* (2008) que utilizaram a avaliação contingente para estimar o valor econômico total da preservação da área do Morro do Diabo na Mata Atlântica-SP, e na pesquisa de Santana *et al.* (2016) que aplicaram o método integrado de avaliação contingente para estimar o valor econômico total da vegetação da área de Savana Metalófito da Floresta Nacional de Carajás, estado do Pará.

Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros das equações de DAPSAF e DARSAF, Tomé-Açu, Pará.

Variáveis	Coefficiente	Estatística-t	Probabilidade	DAPSAF média
Intercepto	347,193	0,52967	0,5965	347,19
Renda	0,1129	4,29455	0,0000	301,26
Indicador Socioambiental	4098,31	7,45368	0,0000	2796,11
Educação	309,916	3,82202	0,0001	1480,88
Variável <i>dummy</i>	5247,92	11,9362	0,0000	356,91
Tempo que Vive no Local	15,046	1,97943	0,0481	293,45
Sexo	-388,48	-1,8117	0,0704	-564,62
Tamanho da Família	25,8792	0,45321	0,6505	106,19
Valor Econômico Total da DAPSAF (R\$/ha) = 5.011,19				
DAPSAFMáx (R\$/ha) = 7.092,86				
Variáveis	Coefficiente	Estatística-t	Probabilidade	DARSAF média
Intercepto	5051,17	5,45963	0,0000	5051,17
Renda	0,092	2,46897	0,0138	245,45
Indicador Socioambiental	2270,97	2,83241	0,0047	1549,39
Educação	216,988	1,85594	0,0638	1036,84
Variável <i>dummy</i>	13103,3	31,0946	0,0000	1584,28
Tempo que Vive no Local	9,0091	0,81564	0,415	175,71
Sexo	-967,91	-3,0864	0,0021	-1406,8
Tamanho da Família	-11,435	-0,1414	0,8876	-46,92
Valor Econômico Total da DARSAF (R\$/ha) = 7.367,24				
DARSAFMáx (R\$/ha)=10.398,30				
R-Quadrado Ajustado: DAPSAF		0,558	Média da variável dependente	5117,38
R-Quadrado Ajustado: DARSAF		0,69206	Média da variável dependente	8189,15

Fonte: Dados da pesquisa.

A variável educação apresentou resultado positivo e coerente com a teoria, indicando que quanto o maior nível de educação, maior o valor de disposição a pagar pela preservação das áreas de SAFs do município. Assim, a cada ano adicional no nível de escolaridade tem-se um aumento de R\$ 309,91 na DAPSAF por hectare de SAF e de R\$ 216,99 na DARSAF por hectare para a substituição desse sistema de produção, *ceteris paribus*. Estes valores atrelados à educação superior ao da renda demonstra a importância do conhecimento sobre os serviços ecossistêmicos e os benefícios que geram para a sociedade. O resultado está atrelado ao ensinamento sobre a educação ambiental nas escolas do município e a presença de diversas instituições de ensino que contribuem para a conscientização ambiental e a manutenção dos aspectos culturais e tradição das práticas agroflorestais utilizadas nos sistemas de produção do local.

Resultados significativos para a variável educação também são reportados por Trujillo *et al.* (2016) nos estudos de DAP pela conservação de recifes de corais ameaçados no Caribe; por Rosa *et al.* (2016) na DAP pela preservação dos manguezais, por Santana *et al.* (2016) na valoração da “canga” e por Begot (2018) na análise das externalidades de

um projeto portuário na percepção dos pescadores, porém todos em magnitude menor quando comparados a este estudo. Em contrapartida, não mostraram significância estatística para a variável educação pesquisas como as de: Mattos *et al.* (2007) na avaliação da disposição a pagar pela preservação de áreas de preservação permanente no município de Viçosa (MG); Tôsto (2010), na estimativa de DAP para revegetação de matas ciliares e Venerosi *et al.* (2014) na DAP pela diminuição de riscos ecológicos e a saúde provocados por inundações em diferentes cenários climáticos.

O sexo do entrevistado mostrou-se significativo para especificação do modelo tanto para a *DAPSAF* quanto para a *DARSAF*. Sendo a maioria dos entrevistados do gênero masculino, os resultados mostram que os valores de *DAPSAF* e *DARSAF* são mais altos quando o entrevistado é do sexo masculino, em função da cultura japonesa dominante na área de pesquisa e que os homens dominam a condução das atividades sempre na perspectiva da sustentabilidade socioeconômica e ambiental e por isso, estejam dispostos a valorizarem suas atividades. Segundo Silva e Lima (2004) esse comportamento pode ocorrer devido a maior contribuição do gênero na renda familiar e conseqüentemente nas decisões de dispêndio, no caso de Tomé-Açu, pode ser explicado também pela maioria dos produtores serem do sexo masculino e estarem mais envolvidos nas atividades agrícolas, o que reflete na maior disposição a pagar para preservar os SAFs e na disposição a receber para abrir mão dos sistemas por outras formas de produção.

A variável “tempo que vive no local” não foi significativa para a equação de *DARSAF*, por outro lado para a *DAPSAF* foi significativa. Isso mostra que o tempo de vivência no local influencia na disposição a pagar do indivíduo para preservar os SAFs. No caso de Tomé-Açu, infere-se que quanto maior o tempo de vivência e interação na cultura e história do município, mais o indivíduo tende a valorizar a preservação das práticas agrícolas dos cultivos em SAFs, haja vista que estes estão atrelados a história e cultura Tomeaquense.

Os resultados indicam que a cada ano adicional de moradia no município, o valor médio da *DAPSAF* aumenta em R\$ 15,04/há, *ceteris paribus*. O comportamento da variável pode estar atrelado ao esforço de manter a tradição dos plantios em SAFs, e mostra que quanto mais tempo o indivíduo possui no município, mais reconhece a importância e os benefícios dos cultivos em SAFs na vida da população e por isso se dispõe a pagar para preservar os sistemas no local.

O indicador ambiental que captou o efeito conjunto de 12 variáveis mostrou-se altamente significativo a 1% de probabilidade. Essa variável, além de revelar a

multifuncionalidade dos SAFs na percepção da sociedade, expressa o caráter holístico e o valor intrínseco do ativo natural. Destaca-se que este indicador tende a apontar o grau de percepção dos entrevistados sobre o benefício socioeconômico e ambiental gerados pelos SAFs no município de Tomé-Açu para o bem-estar e a qualidade de vida da sociedade local, regional e global, integrando percepções e comportamentos relacionados à sustentabilidade do ativo natural no que tange a conservação para as futuras gerações (MOTA, 2009; SANTANA *et al.*, 2018).

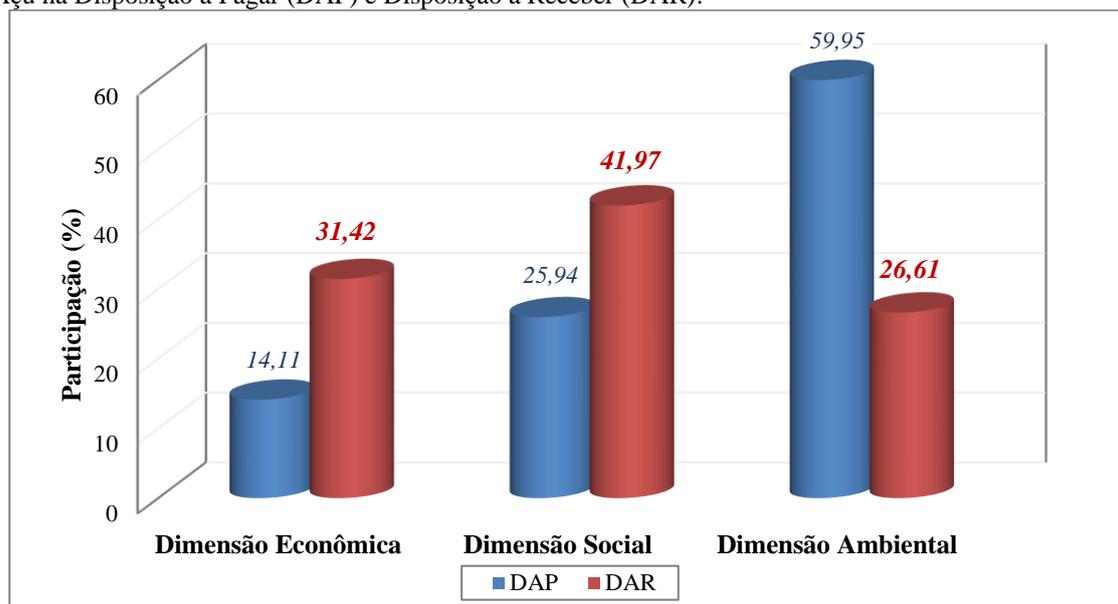
Nesta pesquisa, tem-se que o incremento de uma unidade no valor médio do indicador da dimensão ambiental tende a aumentar a *DAPSAF* e a *DARSAF*, *ceteris paribus*, em R\$ 4.098,3/ha e R\$ 2.270,97/ha respectivamente (Tabela 5). A dimensão ambiental (*Dambiental*), representada pelo indicador, reflete a participação da componente ambiental no valor econômico total dos ativos naturais dos SAFs. Esse conhecimento integra os fatores da economia ambiental que admite o uso do ativo natural com os ativos fabricados em proporções não fixas, considerando diferentes graus de substituição na geração de outros produtos e serviços, com fatores utilizados nas análises da Economia Ecológica que admite o uso do ativo natural em proporções relativamente fixas, em complemento aos ativos fabricados, admitindo a substitutibilidade entre os ativos apenas no limite (COSTANZA *et al.* 1997; SANTANA *et al.*, 2016; SANTANA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Por fim, o valor médio estimado de Disposição a Pagar pela preservação dos SAFs no município de Tomé-Açu (*DAPSAF*) foi de R\$ 5.011,19/ha, adicionado a esse valor o desvio padrão obtém-se o valor máximo de R\$ 7.092,86/ha. Para a disposição a receber (*DARSAF*) para abrir mão das áreas de SAFs por qualquer outra forma de uso da terra obteve-se um valor médio estimado de R\$ 7.367,24/ha atingindo valor máximo de R\$ 10.398,30/ha ao somar o desvio padrão. Estes valores expressam o valor dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos SAFs na percepção da sociedade superam em magnitude o valor de mercado da floresta amazônica e dos sistemas de produção que giram em torno de R\$ 4.457,64 para a pecuária, R\$ 2.950,00 para a agricultura familiar e R\$ 1.500,00 para a floresta amazônica (Tabela 5).

Na composição do VET dos serviços ecossistêmicos dos SAFs a participação das dimensões ambiental e social, foi superior à dimensão econômica (Figura 9). Esse aspecto apresenta o quão à sociedade valoriza os sistemas agroflorestais da região e prima pela sua conservação, percebendo-o não somente como atividade agrícola geradora de renda, mas também como importante ferramenta de equilíbrio ecológico, manutenção de seus níveis

de bem-estar e parte fundamental na perpetuação de sua história e cultura, marcadas pela colonização japonesa. Estes valores incorporam valores de uso, existência e opção e refletem os benefícios gerados pelo ativo natural dos SAFs que são apropriados pela sociedade na forma de bem-estar. A Figura 9 exibe a participação das dimensões econômica, social e ambiental na composição do Valor Econômico Total (VET) dos SAFs de Tomé-Açu.

Figura 9 - Participação das dimensões na composição do Valor Econômico Total (VET) dos SAFs de Tomé-Açu na Disposição a Pagar (DAP) e Disposição a Receber (DAR).



Fonte: Dados da pesquisa.

Na composição do VET dos SAFs de Tomé-Açu, 59,95% da disposição a pagar foi reflexo da dimensão ambiental mostrando que os serviços ecossistêmicos dos sistemas na percepção da população são fundamentais na qualidade ambiental, bem como na manutenção do bem-estar dessa população que está disposta a pagar pela sua conservação no município. O restante da composição do VET foi reflexo das dimensões social e econômica respondendo por 25,94% e 14,11% da DAP respectivamente.

Portanto, evidenciou-se a participação hegemônica da dimensão ambiental e social na composição do VET, ambas superiores à dimensão econômica. Isso demonstra a consonância do método com os preceitos da economia ecológica e alta percepção da população quanto aos serviços ecossistêmicos ofertados pelos SAFs, bem como a representatividade dos cultivos na construção da identidade cultural e social do município.

A disposição a receber mostrou-se mais elevada para as dimensões econômica e social, manifestando que: sendo os SAFs uma forma peculiar de produção agrícola localmente construída, inserida em um ambiente organizacional cooperativo e apresentando melhores resultados em emprego, renda e bem-estar, a disposição a receber tende a ser maior para compensar a substituição por outras formas de produção agrícola menos sustentáveis, pouco intensivas em mão-de-obra e com alta instabilidade de renda.

Essa abordagem de percepção dos serviços ecossistêmicos facilita a integração das perspectivas sociais, econômicas e ecológicas, vinculando os processos do ecossistema ao bem-estar humano.

2.5 Conclusão

Os resultados mostram a importância dos SAFs para a população na promoção de serviços ecossistêmicos e manutenção do seu bem-estar, cujo valor econômico total com base nas preferências declaradas de DAP = R\$ 5.011,19 e DAR = R\$ 7.092,6 foi superior ao valor de mercado atribuído à floresta amazônica e de outros sistemas de produção. O valor da DAR ao ser incorporado no preço das terras do município, produzem incremento de 46,6% no valor, indicando que estes sistemas devem ser conservados no município, pela contribuição para a capitalização dos produtores e os benefícios para a população de Tomé-Açu.

Esses benefícios dos SAFs que incorporaram as dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade foram tidos pela maioria da população como de importância alta e muito alta para manutenção do seu bem-estar, ratificando a relevância desses agroecossistemas alinhados aos objetivos do desenvolvimento sustentável da agenda 2030 para a qualidade de vida da população de Tomé-Açu.

A estimação do custo de oportunidade do pagamento por serviços ecossistêmicos através da valoração do ativo natural apresentou-se como um importante instrumento para inserção dos produtores rurais na política de pagamento por serviços ecossistêmicos, além de oportunizar a capitalização desses agentes produtivos locais.

Essa capitalização tende a induzir uma trajetória de desenvolvimento local sustentável, uma vez que, são geradas riquezas no território e atração de investimentos em práticas agrícolas sustentáveis como os SAFs que por um lado são inclusivos por demandarem maior quantidade de mão-de-obra e oportunizarem maior número de empregos, geração de renda e abastecimento dos mercados. E, por outro lado sustentáveis

pois aliam produção com conservação da biodiversidade, ecossistemas aquáticos e terrestres. Todos esses aspectos corroboram para a melhoria da qualidade de vida no município propiciada pelos sistemas agroflorestais que fazem parte da sua identidade cultural.

REFERÊNCIAS

ADAMS, C.; MOTTA, R. S.; ORTIZ, R. A.; REID, J.; AZNAR, C. E.; SINISGALLI, P. A. A. The use of contingent valuation for evaluating protected areas in the developing world: economic valuation of Morro do Diabo State Park, Atlantic Rainforest, São Paulo State (Brazil). **Ecological Economics**, v.66, n.2, p.359-370, 2008.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3 ed. São Paulo: Expressão Popular; Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012. 400 p.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”. **Texto para Discussão**, Campinas, n. 159, p. 1-23, maio 2009.

BEDDOE, R.; COSTANZA, R.; FARLEY, J.; GARZA, E.; KENT, J.; KUBISZEWSKI, I.; MARTINEZ, L.; MCCOWEN, T.; MURPHY, K.; MYERS, N.; OGDEN, Z.; STAPLETON, K.; WOODWARD, J. Overcoming systemic roadblocks to sustainability: The evolutionary redesign of worldviews, institutions, and technologies. **Proceedings of the National Academy of Sciences – PNAS** 24, v.106, n.8, p. 2483 – 2489, 2009.

BEGOT, L. H. **Valoração e sustentabilidade da pesca artesanal de Curuçá e Colares, Estado do Pará: uma análise das externalidades de um projeto portuário na percepção dos pescadores**. 2018. 187f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Socioambiental), Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

BENTES, E. dos S.; SANTANA, A.C.de; HOMMA, A.K.O.; GOMES, S. de C. Valoração econômica da jusante da barragem de Tucuruí. **Revista de política agrícola**, v. 23, n.2, p.102-110, 2014.

BISHOP, R.C.; ROMANO, D. (Eds). Environmental resource valuation: applications of the contingent valuation method in Italy. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1998. 206p.

BUARQUE, S.C. **Construindo o Desenvolvimento Local Sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

BURSZTYN, M.; BURSZTYN, M. A. **Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: caminhos do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. 612p.

CARSON, R. T. Contingent valuation: a practical alternative when prices aren't available. **Journal of Economic Perspectives**, v.26, n.1, p.27-42, 2012.

CAVALCANTI, C. Condicionantes biofísicos da economia e suas implicações quanto a noção de desenvolvimento sustentável. In: ROMEIRO, A.R. *et al.*. **Economia do Meio**

Ambiente: teoria, políticas e a gestão dos espaços regionais. Campinas: Unicamp, IE, 1996.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Um projeto para a Amazônia no século 21:** Desafios e Contribuições. Brasília, 2009. Disponível em: cgee.org.br/documents/10182/734063/12Publica%C3%A7%C3%A3o_Amazonia_final3_COMPLETO2_6415.pdf. Acesso em: 10 dez.2017.

COMMON, M.; STAGL, S. **Ecological economics:** an introduction. Cambridge University Press, New York, 2005.

CONTADOR, C. R. **Avaliação Social de Projetos.** São Paulo: Atlas: 1981. 301p.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. de; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. van den. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253 - 260, may 1997.

COSTANZA, R.; GROOT, R.; SUTTON, P.; PLOEG, S.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v.26, n.1, p.152-158, 2014.

COSTANZA, R.; GROOT, R.de; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1-16. 2017.

DALY, H.; FARLEY, J. **Economia Ecológica:** princípios e aplicações. Lisboa: Instituto Piaget, 2004. 530p.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R.; WILSON, M. A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. **Ecological Economics**, v.41, n.2, p.375-392, 2002.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of food and agriculture.** Rome: FAO, 2007

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO, 2014. FAO. **Developing sustainable food value chains – Guiding principles.** Rome: FAO, 2014. 75 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO, 2019. FAO. **The Outlook for Agriculture and Rural Development in the Americas: A Perspective on Latin America and the Caribbean 2019-2020 / ECLAC, FAO, IICA.** – San Jose, C.R.: IICA, 2019. 144 p.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy Law and the Economic Process.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971. 450 p.

GROOT, R.; BRANDER, L.; VAN DER PLOEG, S.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L.; CHRISTIE, M.; CROSSMAN, N.; GHERMANDI, A.; HEIN, L.;

HUSSAIN, S.; KUMAR, P.; MCVITTIE, A.; PORTELA, R.; RODRIGUEZ, L.C.; TEN BRINK, P.; VAN BEUKERING, P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystems Services**, v.1, p. 50–61, 2012.

HAIR JÚNIOR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. Porto Alegre, Bookman, 2009. 688p.

HOMMA, A. K. O. Dinâmica dos sistemas agroflorestais: o caso da Colônia Agrícola de Tomé-Açu, Pará. **Revista Instituto de Estudos Superiores da Amazônia**, v.2, p.57-65, 2004.

HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; BARROS, A. V. L. Dinâmica dos sistemas Agroflorestais nipo-brasileiros no município de Tomé-Açu. In: HOMMA, A. K. O. (ed.). **Extratativismo vegetal na Amazônia: história, economia, ecologia e domesticação**. Brasília: Embrapa, 2014. 468p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. 2019. **Censo Agropecuário 2017**: Tomé-Açu. Brasília: IBGE, 2019. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tome-acu/pesquisa/24/27745. Acesso em: 12 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**: Tomé-Açu. Brasília: IBGE, 2021. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tome-acu/panorama. Acesso em: 20 set. 2020.

IZKO, X.; BUERNO, D. **Ferramentas para a Valoração e Manejo Florestal Sustentável dos Bosques Sul-Americanos**. União Mundial para a Natureza, Escritório Regional para a América do Sul. UICN-Sur, 2003. 158p.

KONAGANO, M.; SUGAYA, C.; SANTOS D. A.; SÁ, N. M.; MOURA M.S.; SILVA, P. P. **Sistemas Agroflorestais de Tomé-Açu, Pará – SAFTA**. In: Anais X Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, Cuiabá, 2016.

LAUDATO SI'. **Carta Encíclica do Papa Francisco sobre o cuidado da casa comum**. Roma: A Santa Sé, 2015. 87p.

LIMA, F. P.; BASTOS, R. P. Perceiving the invisible: Formal education affects the perception of ecosystem services provided by native areas. **Ecosystem Services**, v.40, dec. 2019, n.101029. Disponível em: doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101029. Acesso em: 10 nov.2019.

LIU, S.; COSTANZA, R.; FARBER, S.; TROY, A. Valuing ecosystem services: theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. **Ecological Economics Reviews**, v. 1185, n. 1, p.54-78, 2010.

MAIA, A.G; ROMEIRO, A.R.; REYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. **Texto para Discussão**, Campinas, n. 116, p. 1-38, março 2004.

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico:** procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. São Paulo: Atlas, 2007.

MARSHALL, A. **Princípios de economia.** São Paulo: Abril Cultural, 1982. 272p.

MATTOS, A. D. M de; JACOVINE, A. G.; VALVERDE, S. R.; SOUZA, A. L.; SILVA, M. L. da; LIMA, J. E. de. Valoração ambiental de Áreas de Preservação Permanente da Microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n. 2, p. 347-353, 2007.

MATTOS, K. M. da C.; MATTOS, A. **Valoração econômica do meio ambiente:** uma abordagem teórica e prática. São Carlos: RiMa, FADESP, 2004. 148p.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCOVERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A.V. B. **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. 266 p.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-Being:** a framework for assessment. MEA. Washington, DC: Island Press. 2003. Disponível em: millenniumassessment.org/document.63.aspx.pdf. Acesso em: 15 dez. 2018.

MOTA, R.S. **O valor da natureza:** Economia e política dos recursos ambientais. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 200p.

MOTTA, R.S. da. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais.** Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, set. 1997. 254p.

MOTTA, R.S. **Economia ambiental.** Rio de Janeiro: FGV Editora, 2006.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente.** Brasília: Ed. UNB/FINATEC, 2007.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers/ICRAF, 1993. 489p.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia.** Trad. Pégasus Sistemas e Soluções. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 612 p.

OLIVEIRA; G. M. T. S.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, E. S.; SILVA, R. J.; SANTOS, W. A. S.; SANTANA, A. L.; COSTA, V. C. N. The Value of Agroforestry Ecosystem Services Provided in Rural Communities in the Eastern Amazon (Tomé-Açu – PA, Brazil). **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n.4, p. 203-216, 2020.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environment.** London: Harvester Wheatsheaf, 1990. 378p.

QUEIROZ, C. N; BORTOLUZI, C. R. D. Os economistas, o meio ambiente e a gestão dos recursos naturais: em busca do diálogo entre distintas abordagens. In: **Gestão dos**

recursos naturais uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2012.

ROMEIRO, A.R. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: MAY, P. **Economia do meio ambiente: teoria e prática.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p.3-31.

ROPKE, I. Trends in the development of ecological economics from the late 1980s to the early 2000s. **Ecological Economics**, v. 55, n.2, p. 263-290, 2005.

ROSA, A. G.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, C. M.; SANTANA, Á. L. Valoração contingente da reserva extrativista de marinha Caeté-Taperaçu, Bragança, estado do Pará-Brasil. **Espacios** (Caracas), v.37, n.9, p.1-13, 2016.

SAMUELSON, P.A. The pure theory of public expenditure. **The Review of Economics and Statistics**, v. 36, n. 3, p.387-389, 1954.

SANGUINO, A. C.; SANTANA, A.C.; HOMMA, A. K. O.; BARROS, P. L. C.; KATO, O. K.; AMIN, M. M. G. H. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais no Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.47, p. 71-88, 2007.

SANTANA, A. C. de; SALOMÃO, R. de P.; SANTANA, Á.L. de; CASTILHO, A F. O valor econômico total da área de savana metalófito, ou “canga”, da Floresta Nacional de Carajás, estado do Pará: uma contribuição teórica e metodológica da avaliação contingente. **Papers do NAEA**, Belém, v. 23, n. 48, 361, p. 1-48, 2016.

SANTANA, A. C. de; SANTANA, Á. L. de; AMIN, M. M.; SALOMÃO, R. P.; COSTA, N. L.; SANTOS, M. A. S.; CASTILHO, A. Theoretical and methodological contributions to the contingent evaluation of the natural resources of the Carajás national forest. **International Journal of Development Research**, v.7, n.4, p.12468-12474, 2017.

SANTANA, A. C. de; SANTANA, Á. L. de; SANTANA, Á. L. de; GOMES, S. C.; SALOMÃO, R. de P. Valoração dos danos ambientais causados por hidrelétricas para a produção de energia na bacia do Tapajós. **Reflexões Econômicas**, v. 1, n. 1, abr./set., p. 31-48, 2015.

SANTANA, A. C. **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local.** GTZ; TUD; UFRA, Belém. 2005. 197p.

SANTANA, A. C. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.45, n.4, p.749-775, 2007.

SANTANA, A. C. **Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil.** 112f. Belém, 2015. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos. Belém, 2015.

SANTANA, A. C. **Bioeconomia aplicada ao agronegócio: mercado, externalidades e ativos naturais.** Piracanjuba: Editora Conhecimento Livre, 2020.

SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Custo social da depredação florestal no Pará: o caso da castanha-do-brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.30, n.3, p.253-269, 1992.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. L. A dinâmica do mercado de terras nos estados do Maranhão, Pará e Tocantins. In: SANTANA, A. C. **Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia**. Belém: UFRA, 2014.

SANTANA, A. C. Os ativos naturais de imóveis rurais na Amazônia, acesso a crédito e capitalização do produtor. **Inclusão social**, v.12, n.1, p.58-68, 2018.

SANTANA, A. C.; SANTANA, A.L.de; OLIVEIRA, G.M.T. da S.; SANTANA, A.L.de; QUARESMA, J.L. A importância dos serviços ecossistêmicos para o desenvolvimento econômico e o bem estar social na percepção da população: o caso da Floresta Nacional de Carajás. **Nativa**, Sinop, v.6, n.especial, p.688-698, dez.2018.

SANTOS, M. J. dos S.; VIEIRA, E.T.; SANTOS, D. de D. Educação e capital social: uma relação estreita com o desenvolvimento. **Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 8, n. 2, p. 4-26, jul./dez., 2018.

SCOTTO, G.; CARVALHO, I. C. de M.; GUIMARÃES, L. B. **Desenvolvimento sustentável**. 5.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

SILVA, R.G.; LIMA, J. E. Valoração contingente do parque Chico Mendes: uma aplicação probabilística do método Referendum com Bidding games. **Revista de Sociologia Rural**, v.42, n. 4, p. 685-708, 2004.

TEKKEN, V., SPANGENBERG, J.H., BURKHARD, B., ESCALADA, M., STOLL-KLEEMANN, S., TRUONG, D.T., SETTELE, J. “Things are different now”: farmer perceptions of cultural ecosystem services of traditional rice landscapes in Vietnam and the Philippines. **Ecosystem services**, v 25, p. 153-166, 2017.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEM AND BIODIVERSITY. TEEB. **A economia dos ecossistemas e da Biodiversidade**: Integrando a Economia da Natureza. Uma síntese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB. (síntese em português), 2010.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S.J. **Economia ambiental**: fundamentos, políticas e aplicações. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

TOMÉ-AÇU. Lei Municipal Complementar nº 011, 10 de outubro de 2006. **Plano Diretor Municipal**. Tomé-Açu: 2006. Disponível em: prefeiturameacu.pa.gov.br/lei-complementar-no-011-2006-de-26-de-junho-de-2006. Acesso em: 14 mar. 2018.

TÔSTO, S.G. **Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP**. 2010. 217f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP: 2010.

TRUJILLO, J.C.; CARRILLO, B.; CHARRIS, C. A.; VELILLA, R. A. Coral reefs under threat in a Caribbean marine protected area: Assessing divers willingness to pay toward conservation. **Marine Policy**, v.68, p.146-154, 2016.

VASCONCELOS, R.C.; BELTRÃO, N.E.S. Avaliação de prestação de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais através de indicadores ambientais. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 19, n. 1, p. 209-220, jan./mar. 2018.

VERONESI, M; CHAWLA, F.; MAURER, M; LIENERT, J. Climate change and the willingness to pay to reduce ecological and health risks from waste water flooding in urban centers and the environment. **Ecological Economics**, v. 98, n1, p1–10, 2014.

WALLACE, K. J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. **Biological Conservation**, v.139, n.3, p.235-246, 2007.

3 AS PERDAS POR EROSÃO E O CUSTO DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES PERDIDOS POR DIFERENTES USOS DOS SOLOS

RESUMO

A degradação dos solos na Amazônia tem sido intensificada pelo aumento de pastagens degradadas, atividade madeireira sem manejo florestal e a implantação de extensos monocultivos, trazendo a emergência de formas sustentáveis de produção agropecuária. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial dos SAFs de conservação do solo, através das perdas por erosão analisadas na abrangência do município de Tomé-Açu e do imóvel rural, e do custo de reposição de nutrientes em SAF de cooperado CAMTA de forma a compará-lo com os custos de reposição nas áreas de monocultivo do dendê, pimenta-do-reino, pastagem e reserva legal no imóvel rural. Para a estimativa das perdas de solo por erosão no município foram utilizadas técnicas de geoprocessamento no software ArcGis 10.7.1, com base nas informações do Cadastro Ambiental Rural e visitas em campo e utilização da equação universal de perda do solo. No imóvel rural foram determinados as perdas e custos de reposição de nutrientes perdidos por erosão por meio de levantamento aerofotogramétrico com veículo aéreo não tripulado (VANT), com posterior processamento das imagens Alos Palsar e Sentinel 2 nos softwares Metashape 1.5.1 e ArcGis 10.7.1. Também foram determinadas, através de análises laboratoriais, as concentrações dos nutrientes para cada uso do solo que serviram de linha de base para o cálculo do custo de reposição. Os resultados mostraram que os sistemas agroflorestais apresentaram as menores perdas de solo e, conseqüentemente, menores gastos com a reposição dos nutrientes. As perdas de solo no monocultivo da pimenta-do-reino resultaram em custos de reposição de nutrientes quase sete vezes maiores que os custos dos SAFs, já os custos de reposição na pastagem e dendezal com relação aos SAFs foram aproximadamente três vezes e meia e duas vezes maiores que os custos dos SAFs respectivamente. Concluiu-se que os SAFs, neste recorte da análise de solo, são mais eficientes quanto ao potencial de conservação do solo através da redução da perda de solo por erosão e aos ganhos de produtividade associados a diminuição dos gastos com fertilizantes.

Palavras-chave: Passivo ambiental. Fertilidade do solo. Agropecuária. Produtividade. Amazônia.

3 THE LOSS FOR EROSION AND THE COST OF REPOSITION OF NUTRIENTS LOST BY DIFFERENT SOIL USES

ABSTRACT

The degradation of the soil at the Amazon has been intensified by the increase of degraded pastures, logging activities without forest management, and the implementation of extensive monocultures, bringing about the emergence of sustainable forms of agricultural production. In this sense, the objective of this study was to evaluate the potential of the AS for soil conservation, through the losses by erosion analyzed in the county of Tomé-Açu and the rural property, and the cost of replacement of nutrients in the AS of the CAMTA cooperative in order to compare it with the costs of replacement in areas of monoculture of oil palm, black pepper, pasture and legal reserve in the rural property. To estimate the soil loss by erosion in the county, geoprocessing techniques were used in the ArcGis 10.7.1 software, based on information from the Rural Environmental Register, field visits, and use of the universal soil loss equation. On the rural property, the losses and replacement costs of nutrients lost to erosion were determined by means of an aerophotogrammetric survey with an unmanned aerial vehicle (UAV), with subsequent processing of the Alos Palsar and Sentinel 2 images in Metashape 1.5.1 and ArcGis 10.7.1 software. The nutrient concentrations for each land use were also determined through laboratory analysis, which served as a baseline for calculating the replacement cost. The results showed that the agroforestry systems presented the minor soil loss and, consequently, minor spending with the nutrient reposition. The soil loss in the black pepper monocrops resulted in reposition costs of nutrients almost seven times bigger than the costs of the agroforestry systems, the replacement costs for pasture and oil palm in relation to the AS were approximately three and a half and two times higher than the SAF costs respectively. It was concluded that the Agroforestry systems, in this soil analysis, is more efficient with the conservation potential of the soil through the soil loss for erosion reduction and the gains of productivity with the expenditure reduction with fertilizer.

Keywords: Environmental Liability. Soil fertility. Agriculture. Productivity. Amazon.

3.1 Introdução

O estado do Pará abriga a maior área de desmatamento florestal e degradação dos solos da Amazônia, correspondente a 1,063 milhão de ha de áreas de pastagens degradadas que necessitam ser recuperadas com sistemas agropecuários de alta produtividade e baixo carbono (IBGE, 2019) que se somam às demais áreas com passivo ambiental do estado do Pará, caracterizados por áreas desmatadas e solos degradados.

Além do aumento das pastagens degradadas, a atividade madeireira sem manejo florestal e a expansão de extensos monocultivos na Amazônia também causaram grande degradação dos solos e ameaçam a integridade desse ativo natural, trazendo a emergência de formas sustentáveis de produção agropecuária que caminhem para a conservação e recuperação desse ativo, haja vista que, além de fornecer serviços ecossistêmicos de provisão (alimentos), os solos sustentam a biodiversidade como habitat de uma grande diversidade de microrganismos. Estocam, regulam e liberam nutrientes e favorecem o desenvolvimento dos ciclos biogeoquímicos, a regulação do ciclo da água e seus fluxos de drenagem e estoques hídricos (VEZZANI, 2015).

Essa gama de funções está intimamente ligada aos nutrientes do solo que traduzem sua fertilidade e influenciam nas demais funções, principalmente na capacidade de sustentação e desenvolvimento das plantas, animais e seres humanos, pois todo suprimento alimentar humano advém de atividades ligadas a práticas agropecuárias desenvolvidas nos diversos tipos de solos (BRADY; WEIL, 2013). Nesse sentido, a FAO e ITPS⁵ (2015) enfatizam que os nutrientes perdidos por erosão necessitam ser repostos e essa reposição, requer gastos consideráveis com fertilizantes, pois a erosão do solo pela água induz fluxos anuais de 23 a 42 milhões de toneladas de nitrogênio (N) e 14,6 a 26,4 milhões de toneladas de fósforo (P) de terras agrícolas.

Adicionalmente, a Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA, 2018) destacou que um dos grandes desafios para as atividades agropecuárias consiste na diminuição das perdas de solo por erosão, pois atualmente essas perdas anuais no Brasil são da ordem de 500 milhões de toneladas, ocasionando perda média de 0,5% ao ano na capacidade de armazenamento dos reservatórios refletindo no assoreamento de rios, e

⁵ FAO: Food and Agriculture Organization; e ITPS: Intergovernmental Technical Panel on Soils.

intensificando o uso de fertilizantes e adubos químicos para a manutenção da produtividade das lavouras agrícolas.

Frente ao desafio da sustentabilidade agrícola, imposto pelo processo de erosão e degradação dos solos, os sistemas agroflorestais em suas diversas estruturas são expostos em inúmeros estudos como estratégia sustentável na agricultura para recuperação de solos degradados, conservação de sua fertilidade e diminuição do uso de fertilizantes e adubos químicos (DUBOIS, 1996; CAPORAL, COSTABEBER, 2007; BRIENZA JÚNIOR *et al.* 2009; ALTIERE, 2012; COSTA, 2015; MICOLLIS *et al.*, 2016; AZEVEDO JUNIOR, 2019).

Diante do exposto, no município de Tomé-Açu, concentra-se o maior número de produtores que cultivam SAFs, sistemas estes adaptados pela colônia japonesa na região e que na atualidade tornaram-se referência na Amazônia (PORRO *et al.*, 2012). São sistemas dotados de particularidades que os atribuem maior potencial de proteção ambiental e rentabilidade; são compostos geralmente por espécies frutíferas, principalmente cacau, açaí e cupuaçu, combinadas com essências florestais (mogno, paricá, teca, castanheiras etc.) e presença de pimenta-do-reino na maioria das composições (BARROS *et al.*. 2009).

Porro *et al.* (2012) enfatizam o papel da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA) na expansão e desenvolvimento das áreas com sistemas agroflorestais no município. Ela compra a produção de seus cooperados e realiza o processamento industrial, gerando 3.000 toneladas de polpa de frutas ao ano e com capacidade para armazenar 1.000 toneladas. A CAMTA fornece assistência técnica ao produtor cooperado para atenuar problemas ambientais e econômicos.

Apesar da multifuncionalidade dos SAFs, de sua relevância histórico-cultural e sua importância para o desenvolvimento econômico do município, o avanço da pecuária e dos monocultivos, principalmente do dendê, tem ameaçado a conservação dos cultivos em SAFs.

Por fim, sendo o solo o compartimento ambiental primário de suporte da agricultura, faz-se necessário a avaliação do impacto monetário relacionado as perdas de nutrientes por erosão das diversas atividades agropecuárias, sobretudo na Amazônia que possui fertilidade do solo naturalmente baixa, pois as estimativas do custo de reposição de nutrientes perdidos podem ser decisivas na escolha de práticas agropecuárias de caráter mais sustentável.

Nesse contexto, muito se fala a respeito dos SAFs quanto ao seu potencial de conservação dos solos, diminuição da erosão e gastos com fertilizantes, porém não se sabe

o valor estimado dessa economia nas propriedades rurais para que essa métrica monetária possa orientar processos de tomadas de decisão por parte dos produtores e formuladores de políticas de desenvolvimento local e sustentável.

Tostô (2010) destaca que como o processo de erosão representa um custo implícito, faz-se necessário utilizar técnicas e métodos para evidenciar seus valores monetários. Dentre os métodos de valoração do custo associado à erosão, o método do custo de reposição de nutrientes perdidos é o mais utilizado. Esse método assume que os nutrientes perdidos levam a perdas de produtividade que devem ser evitadas por meio da reposição em fertilizantes.

Nesta perspectiva, busca-se responder à questão: os sistemas agroflorestais do município de Tomé-Açu, possuem maior potencial de conservação dos solos e diminuição dos gastos com fertilizantes, quando comparados a sistemas de monocultivo do dendê, pimenta-do-reino e atividade pecuária?

A hipótese é que os SAFs possuem maior potencial de conservação dos solos quanto a diminuição dos processos erosivos e gasto com fertilizantes, quando comparados a sistemas de monocultivo de dendê, pimenta-do-reino e atividade pecuária, tendo como referência as áreas de reserva florestal. O objetivo da pesquisa foi avaliar o potencial dos SAFs de conservação do solo, através das perdas por erosão e do custo de reposição de nutrientes analisadas na abrangência do município de Tomé-Açu e do imóvel rural, e, do custo de reposição de nutrientes em SAF de cooperado CAMTA de forma a compará-lo com os custos de reposição nas áreas de monocultivo do dendê, pimenta-do-reino, pastagem e reserva legal no imóvel rural.

3.2 Revisão de Literatura

A oferta de todos os serviços ecossistêmicos é dependente das funções que o solo executa, pois é este ativo que sustenta o fornecimento de todos os outros serviços ecossistêmicos fundamentais para a manutenção do bem-estar humano, como a capacidade produtiva dos sistemas agrícolas, fluxo e qualidade da água, biodiversidade e equilíbrio de gases na atmosfera (LOPES; GUILHERME, 2007).

A definição de solos modificou-se ao longo dos anos à medida que os recursos naturais passaram a refletir os impactos humanos, evoluindo para uma visão mais sistêmica do conceito, dada sua complexidade (FAO; ITPS, 2015). O conceito sistêmico de solos parte do arcabouço teórico da teoria dos sistemas proposta por Ludwig von Bertalanffy

(1968), com visão holística e ecológica, na qual o sistema solo pode ser definido como um todo organizado, constituído por um conjunto de partes interdependentes e que atuam integradamente, de modo que a alteração de um dos componentes modifica os demais.

Notadamente, esse conceito mais amplo evidencia as funções ecossistêmicas do solo (produção de alimentos e biomassa, armazenamento, filtragem e transformação de compostos, habitats para criaturas vivas, aspectos físicos e ambiente cultural, fonte de matérias primas, reservatório de carbono e arquivo do patrimônio genético e arqueológico) que são traduzidas em serviços ecossistêmicos, estabelecendo conexão direta entre o papel do solo no bem-estar humano (FAO; ITPS, 2015).

Uma das características fundamentais do solo ligadas ao bem-estar humano, relaciona-se ao conceito de solo produtivo, ou seja um solo fértil que de acordo com Lopes e Guilherme (2007 p.43) consiste em “um solo que contém nutrientes essenciais em quantidades adequadas e balanceadas para o normal crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas e que apresenta ainda boa características físicas e biológicas, livre de elementos tóxicos”. Os mesmos autores ressaltam que a fertilidade do solo pode ser oriunda de causas naturais ou ser criada pela adição de nutrientes aos solos durante o cultivo. A presença desses nutrientes, sobretudo os principais macronutrientes que são Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), são fundamentais para a boa qualidade dos solos, seu bom uso e manejo (LOPES; GUILHERME, 2007; GUERRA, 2014).

Em sistemas agroflorestais, os benefícios relacionados à conservação do solo e manutenção de sua fertilidade relacionam-se às raízes mais longas das espécies arbóreas que absorvem nutrientes e água, além da queda de folhas das espécies vegetais que proporcionam cobertura de solo (serapilheira) que irá retornar grandes quantidades de matéria orgânica ao sistema melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas (VEZZANI, 2015).

Primavesi (2016) elencou alguns benefícios da matéria orgânica em decomposição que estão intimamente ligadas ao desenvolvimento das funções do solo. São elas: fornecimento de agregados do solo com bioestrutura estável à ação das chuvas, aumento da capacidade de troca de cátions, fornecimento de substâncias que contribuem para a respiração, maior absorção de fósforo e melhoria da saúde vegetal, liberação de nutrientes que podem ser absorvidos pelas plantas e aumento do poder tampão.

O ativo natural solo e sua capacidade de ofertar serviços ecossistêmicos são definidos principalmente pela sua mineralogia, textura e teor de matéria orgânica; as duas

primeiras propriedades mudam muito lentamente com o tempo, pois advém da rocha matriz que originou o solo, por outro lado, o teor de matéria orgânica reflete rapidamente as mudanças induzidas pelo homem no manejo do solo (FAO; ITPS, 2015).

Nesse aspecto, a FAO e ITPS (2015) enfatizam que os impactos humanos no reservatório natural da biodiversidade do solo e na taxa de ciclagem de carbono e nitrogênio começam a apontar para além dos limites operacionais seguros (ROCKSTROM, 2016), sobretudo no que tange não somente a intensa demanda por nutrientes, mas também a aplicação excessiva destes e suas implicações nos sistemas hídrico e atmosférico.

A implementação de práticas de manejo sustentáveis, de restauração e aumento da fertilidade do solo, que mantenham a produtividade e reduzam os impactos negativos são cada vez mais eminentes, pois maiores rendimentos de biomassa sempre foram condicionados ao maior uso de fertilizantes (AZEVEDO JUNIOR, 2019). Esse panorama de insustentabilidade da fertilidade do solo, associada ao aumento no consumo de fertilizantes, aponta para a necessidade de aprimoramento do uso do recurso, de modo a evitar perdas de nutrientes e otimizar as entradas de matéria orgânica no sistema. A perda de nutrientes relaciona-se principalmente com a intensificação dos processos erosivos, sobretudo em áreas de pastagem. O aumento dos extensos monocultivos acaba por diminuir as áreas com sistemas de produção de caráter mais sustentável, como os SAFs que desempenham benefícios ao solo, através do incremento da fertilidade associada à manutenção da matéria-orgânica devido à presença de árvores no sistema.

Nos SAFs, a diversidade de espécies permite que os nutrientes sejam extraídos em diferentes profundidades e quantidades de cada elemento como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio entre outros. Esses nutrientes são devolvidos ao solo na forma de resíduos de plantas e é essa dinâmica de ciclagem de nutrientes em um ambiente biodiverso que permite a manutenção e/ou incremento de fertilidade aos solos de áreas com SAFs, aliada a diminuição das perdas por erosão, haja vista a camada vegetal que protege o solo (YOUNG, 1991).

Lopes e Guilherme (2007) asseveram que a erosão é a maior causa de degradação dos solos no mundo e por vezes pode ter consequências permanentes na fertilidade do solo. Em regiões tropicais esse fenômeno, nesse caso de erosão hídrica, é atenuado devido aos grandes índices pluviométricos e a baixa fertilidade natural dos solos. Mafra (2010 p. 301) define erosão hídrica como:

“(…) uma série de transferências de energia e matéria geradas por um desequilíbrio do sistema água/solo/cobertura vegetal, as quais resultam numa perda progressiva do solo. A energia da chuva é aplicada à superfície do terreno, e, a partir de um limite de resistência ao cisalhamento, iniciam-se as transferências de matéria por processos de desestabilização dos agregados do solo, de movimentação e transporte de partículas e de sedimentação em zonas mais rebaixadas de topografia. Como consequência da atuação desse conjunto de ações em que participam matéria e energia, a camada superficial do solo é removida e, posteriormente, os seus horizontes subsuperficiais.”

Adicionalmente, quando a erosão ocorre em terras cultivadas, os nutrientes presentes nas camadas superiores são incorporados ao solo erodido. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2017) o material erodido é mais rico em nutrientes que o solo que sofreu erosão. Esse aspecto mostra a importância de estimar o custo da erosão em diferentes usos, através da quantidade de nutrientes perdidos e a sua reposição em equivalentes de fertilizantes.

Muitos trabalhos tem sido realizados nesse sentido, dentre eles destaca-se Franco *et al.* (2002) que comparou as perdas por erosão entre sistemas agroflorestais e sistemas convencionais, na zona da mata de Minas Gerais; Pugliesi *et al.* (2011) que aplicaram o método Custo de Reposição, para valoração econômica das perdas de nutrientes por erosão de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, em Campinas no estado de São Paulo; Pereira, Tôsto e Carvalho (2015) na valoração monetária das perdas de solo em nutrientes perdidos para a cultura de cana-de-açúcar e citros, no município de Araras – SP; Dechen *et al.* (2015) que estimaram as perdas por erosão em taxas variadas de cobertura do solo; Carvalho *et al.* (2019) que estimaram as perdas do solo por erosão no município de Lucena; no estado da Paraíba.

Apesar dos estudos realizados em regiões brasileiras, a Amazônia ainda carece de pesquisas que façam emergir a necessidade da intensificação das práticas de recuperação e conservação dos solos agrícolas na região.

3.3 Material e Métodos

A pesquisa foi classificada como quantitativa, e quanto à técnica foi de observação direta, utilizando o método de procedimento monográfico: o estudo de caso (CRESSWEL, 2007; MARCONI; LAKATOS, 2007). O local de estudo e unidade analítica foi a propriedade rural do produtor cooperado da CAMTA, no município de Tomé-Açu. A área fica localizada na PA-256, nas coordenadas geográficas 48° 21' 7,27" W e 2° 32' 34,72" S, estrada da Jamic, distante aproximadamente 33 km a sudoeste da cidade de Tomé-Açu.

A propriedade rural que possui 450 ha, dos quais 2,53 ha são monocultivo de dendê, 195,45 ha são áreas de reserva legal, 37,44 ha de monocultivos, 147,89 são áreas de pastagem e 55,97 ha são cultivos em sistemas agroflorestais é composta por argissolos amarelos concrecionários e argissolos amarelos (Figuras 10 e 11).

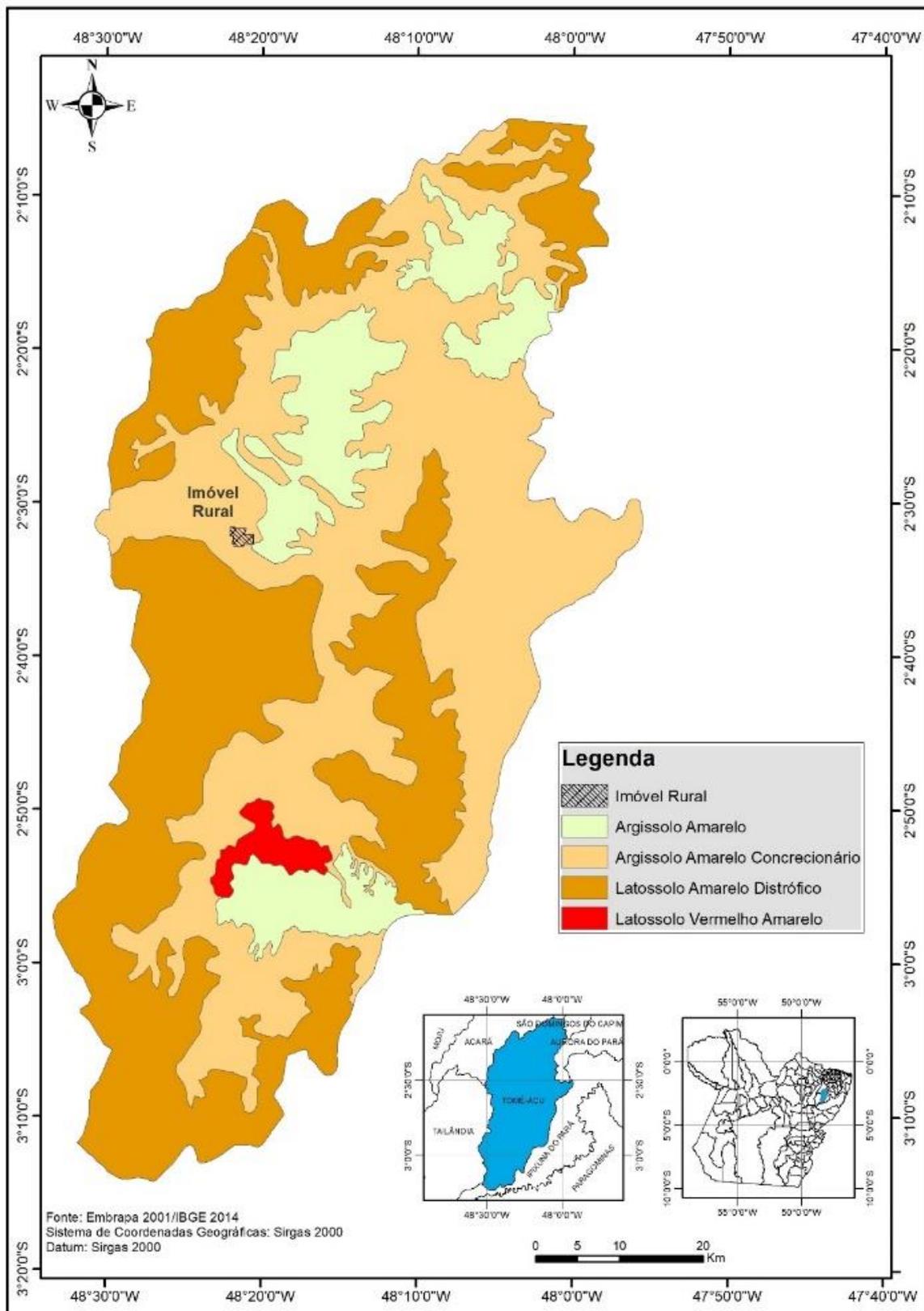
Figura 10 – Propriedade rural analisada e seus diversos usos.



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados coletados.

Na área, foram coletadas amostras de solos para determinação das concentrações dos principais macronutrientes em cada tipo de uso na área. Posteriormente aplicou-se o encadeamento analítico químico laboratorial e de geoprocessamento para estimar custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão para as atividades de monocultivo do dendê, pimenta-do-reino, SAF e áreas de reserva florestal (Figura 11).

Figura 11 – Tipos de solo em Tomé-Açu e propriedade rural.



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados coletados e fontes apontadas.

3.3.1 Valor da perda de nutrientes dos solos

Para o cálculo do custo de reposição de fertilizantes, nos diversos tipos de manejo da área de estudo, foi utilizado o método indireto de custo de reposição de nutrientes, que leva em consideração o preço de mercado dos nutrientes e a perda de solo. De acordo com Martins (2010), estes custos são necessários para se mensurar o valor da recuperação das funções ecossistêmicas de solos degradados, tornando-os novamente produtivos.

O método de custo de reposição de nutrientes permite estimar, de maneira indireta, um valor mais próximo da perda de nutrientes em cada forma de uso da terra. Para isso foram quantificadas as concentrações dos principais macronutrientes do solo em pastagem, monocultivo do dendê, monocultivo de pimenta-do-reino e sistemas agroflorestais. De posse desses dados foi calculada a perda de cada nutriente em equivalentes de fertilizantes e, através do valor destes no mercado local, foi estimado o valor gasto com fertilizantes perdidos nos sistemas de produção analisados e na área de reserva florestal na propriedade rural. Os custos foram estimados como a seguir:

$$CI = (Q_n \cdot P_n) + C_a \quad (13)$$

Na qual CI é o custo de reposição de nutrientes, expresso em R\$.ha⁻¹; Q_n é a quantidade de nutrientes carregados pela erosão, em kg.ha⁻¹; P_n é o preço dos fertilizantes no mercado local, em reais R\$.kg⁻¹ e C_a é o custo de aplicação dos fertilizantes, em reais R\$.ha⁻¹.

1.1.1.1 Estimativa da perda de solo por erosão

A estimativa de perda de solos causada por erosão foi realizada de acordo com o modelo proposto por Wischmeier e Smith (1978), através da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), expressa a seguir:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (14)$$

Onde A: Perda de solo (ton.ha⁻¹.ano⁻¹); R: Fator Erosividade: Poder erosivo das chuvas (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹); K: Fator Erodibilidade do solo - Suscetibilidade dos solos à erosão (ton.h.MJ⁻¹mm⁻¹); LS: Fator topográfico – Comprimento da rampa e declividade (adimensional); C: Fator uso/cobertura do solo (adimensional), o fator práticas conservacionistas (P), não foi considerado neste estudo pois não detectado nenhum tipo de prática conservacionista na área.

Para efeito de cálculo da equação universal de perda de solo, foram elaborados mapas temáticos referentes a cada fator que compõe a equação, tais mapas foram base para o uso da ferramenta de álgebra de mapas com intuito de calcular as taxas de erosão tanto para o município, como para a propriedade rural.

a) Fator Erosividade (R): o R das chuvas foi calculado, com base na série histórica (1990-2020) de precipitação no município, disponível no portal eletrônico da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020) e com a aplicação da equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2017):

$$R = 67,355.(r^2/P).0,85.12 \quad (15)$$

Onde R: erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$); r: precipitação mensal média em milímetros; e, P: precipitação anual média em mm.

b) Fator Erodibilidade (K): obtido a partir da equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2017):

$$\text{Fator } K = \frac{\% \text{Areia} + \% \text{Silte}}{\frac{\% \text{Argila}}{100}} \quad (16)$$

Os dados para aplicação do fator K foram obtidos através de Rodrigues *et al.* (2001) e calculados pela equação 16, resultaram nos valores da Tabela 6 para cada classe de solo.

Tabela 6 - Fator erodibilidade do solo em ($\text{ton.h.MJ}^{-1}\text{mm}^{-1}$).

Tipo de solo	Fator K	Área (ha)
Argissolo Amarelo	0,025	62.767,68
Latossolo Amarelo	0,048	212.401,52
Argissolo Amarelo Concrecionário	0,031	233.124,95
Latossolo Vermelho Amarelo	0,031	6.542,116

Fonte: Rodrigues *et al.* (2001).

c) Fator Topográfico (LS): engloba duas variáveis adimensionais, a saber, o comprimento da rampa (L) e a declividade (S). Estas variáveis serão quantificadas a partir do modelo digital de elevação. Para se calcular o fator topográfico, foi utilizada a equação proposta por Gardiman Junior *et al.* (2012), descrita abaixo:

$$L = \sqrt{P^2 + \left(\frac{D}{100} \cdot P\right)^2} \quad (17)$$

Onde: L é o comprimento de rampas em metros; P é o tamanho do pixel adotado e D é o grau de declividade em porcentagem.

Para o cálculo do fator LS foi elaborado o modelo digital de elevação (MDE) através dos dados de altitude obtidos de imagens ALOS/PALSAR de 2020 com 12,5 metros de resolução espacial. A partir dos dados de altitude, foi criado o Modelo Digital de Elevação (MDE) através da ferramenta *Fill* e a declividade através da ferramenta *Slope* ambas contidas na extensão *Spatial Analyst* do software ArcGis 10.7.1.

Com os dados de MDE, foi calculado o valor de rampa, tomando como base o valor de pixel de 12,5 metros através da equação 10. Posteriormente, através da ferramenta *Raster Calculator* contida na extensão *Spatial Analyst* do software ArcGis 10.7.1, foi multiplicado os valores de L (rampa) e S (declividade) para determinar o fator LS para o município.

d) Fator Uso/Cobertura do solo (C): para aplicação do fator C (Uso/Cobertura do solo), foram utilizados valores propostos na literatura referenciada na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores do fator C aplicados na pesquisa

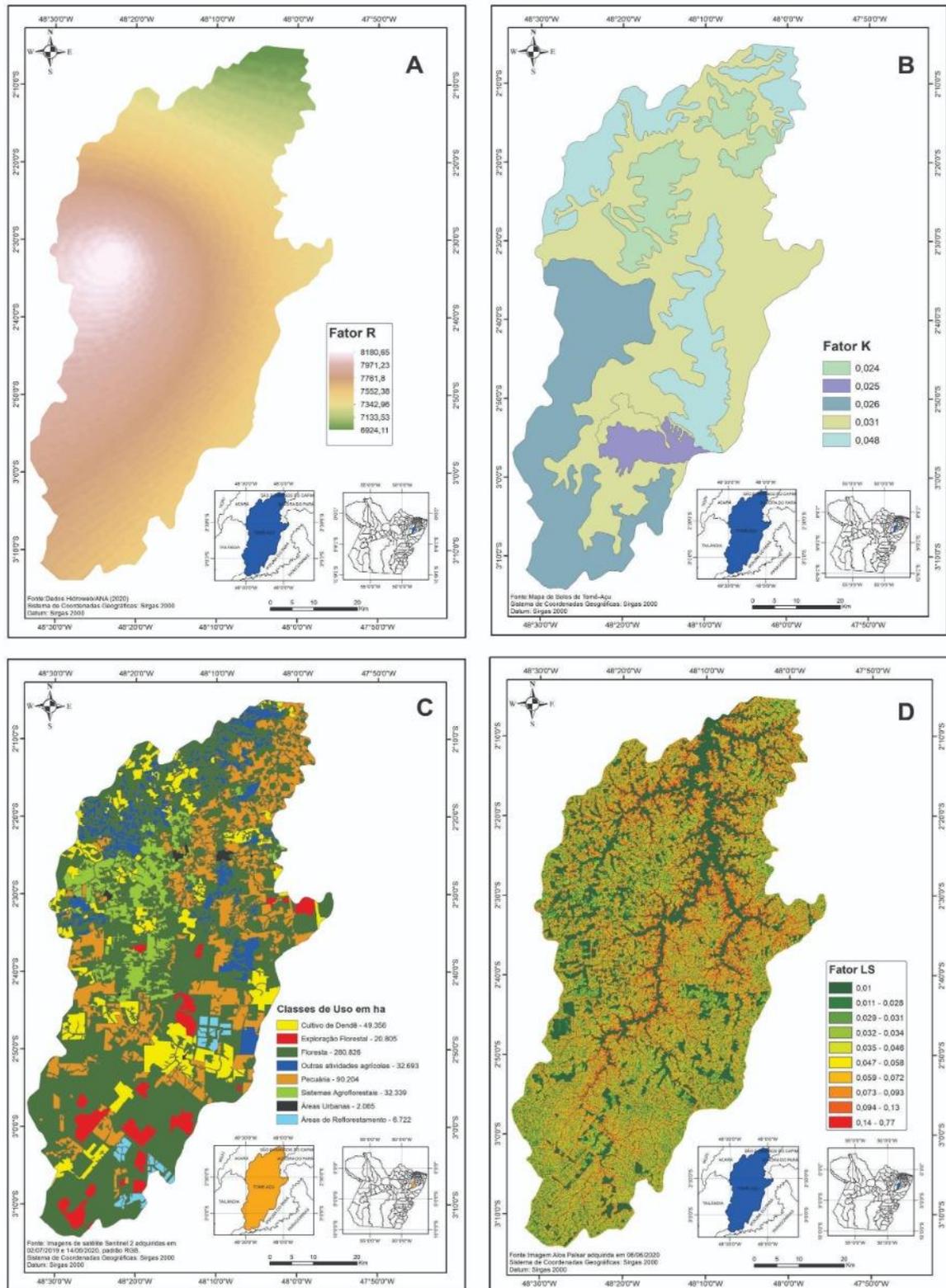
Classes	Fator C	Referência
Áreas de Reflorestamento	0,085	Costa <i>et al.</i> (2005)
Áreas Urbanas	0,05	Costa <i>et al.</i> (2009)
Cultivo de Dendê	0,3	Carvalho <i>et al.</i> (2014)
Exploração Florestal	0,75	Marques, Lobardi e Bacellar (2003)
Reserva Florestal	0,0001	Costa <i>et al.</i> (2005)
Outras atividades agrícolas	0,25	Costa <i>et al.</i> (2009)
Pecuária	0,2	Marques, Lobardi e Bacellar (2003)
Sistemas Agroflorestais	0,001	Carvalho <i>et al.</i> (2014)

Fonte: elaborado pela autora a partir das referências citadas.

O fator C foi calculado com base no mapa de uso e ocupação do solo, através de imagens do sistema sensor Sentinel 2 adquiridas nos anos de 2019 (data do imageamento - 02/07/2019) e 2020 (data do imageamento - 14/06/2020).

Após a aquisição, tratamento e geração dos mosaicos do município, foi elaborada a classificação dos diversos tipos de uso através da ferramenta *image classification*, no software ArcGis 10.7.1, análise visual, dados do cadastro ambiental rural do município de Tomé-Açu e visitas em campo. Posteriormente foi gerado o mapa de uso e ocupação do solo do município (Figura 15). Com base nos diversos mapas temáticos gerados tanto para o município como para a propriedade (Figura 12, A, B, C e D e Figura 13, A, B, C e D), foi utilizada a ferramenta *Raster Calculator* da extensão *Spatial Analyst* do software ArcGis 10.7.1 para calcular a perda de solos por erosão do município de Tomé-Açu em $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ através da Equação Universal de Perda de Solo.

Figura 12 - Mapas temáticos do município e Tomé-Açu utilizados nos cálculos da perda de solo por erosão. A – Mapa Fator R Erosividade das chuvas ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$); B - Mapa Fator K Erodibilidade do solo ($\text{ton}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$); C- Mapa Fator C. uso/cobertura do solo (adimensional). D - Mapa Fator LS topográfico (adimensional).

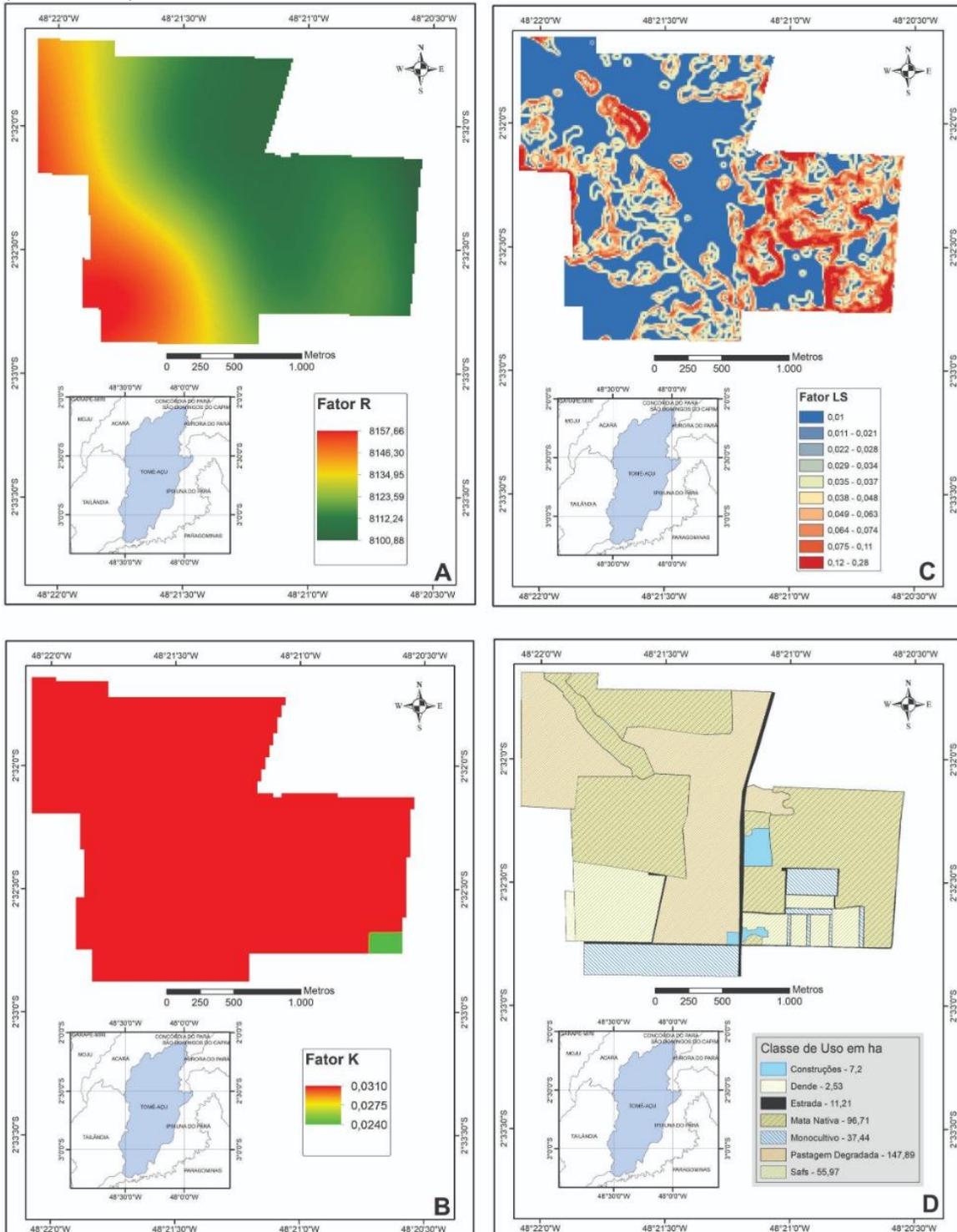


Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados coletados e fontes apontadas.

Para o cálculo da perda de solo por erosão na propriedade rural, primeiramente foi realizado um levantamento aerofotogramétrico com veículo aéreo não tripulado (VANT), tipo quadricóptero, modelo Phantom 4 Pro, possuindo câmera acoplada de 20 megapixel e sistema de posicionamento global GPS/GLONAS.

Os levantamentos foram feitos em seis voos de 22 minutos cada, a uma velocidade de 40 km/h, perfazendo um total de área coberta em torno de 450 ha, com altura de voo de 200 metros e resolução espacial de 4,3 cm/pixel através do software Mission Planner 1.3.35 (Figura 13). Após a aquisição das ortofotos, fez-se o processamento no software Metashape 1.5.1, para a produção do mosaico ortoretificado, modelo digital de elevação (MDE) e mapas de curvas de nível. Posteriormente, os mosaicos, modelo digital de elevação e mapas de curvas de nível foram processados no software ArcGis 10.7.1 para a elaboração dos mapas temáticos necessários para a estimativa de perda de solos por erosão na área de estudo, da mesma maneira como foi realizado o processamento das imagens Alos Palsar e Sentinel 2 e realizado o cálculo de perda de solos por erosão para o município de Tomé-Açu.

Figura 13 - Mapas temáticos da propriedade rural utilizados nos cálculos da perda de solo por erosão. A – Mapa Fator R Erosividade das chuvas ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$); B - Mapa Fator K Erodibilidade do solo ($\text{ton}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$); C- Mapa Fator LS topográfico (adimensional); D - Mapa Fator C. uso/cobertura do solo (adimensional).

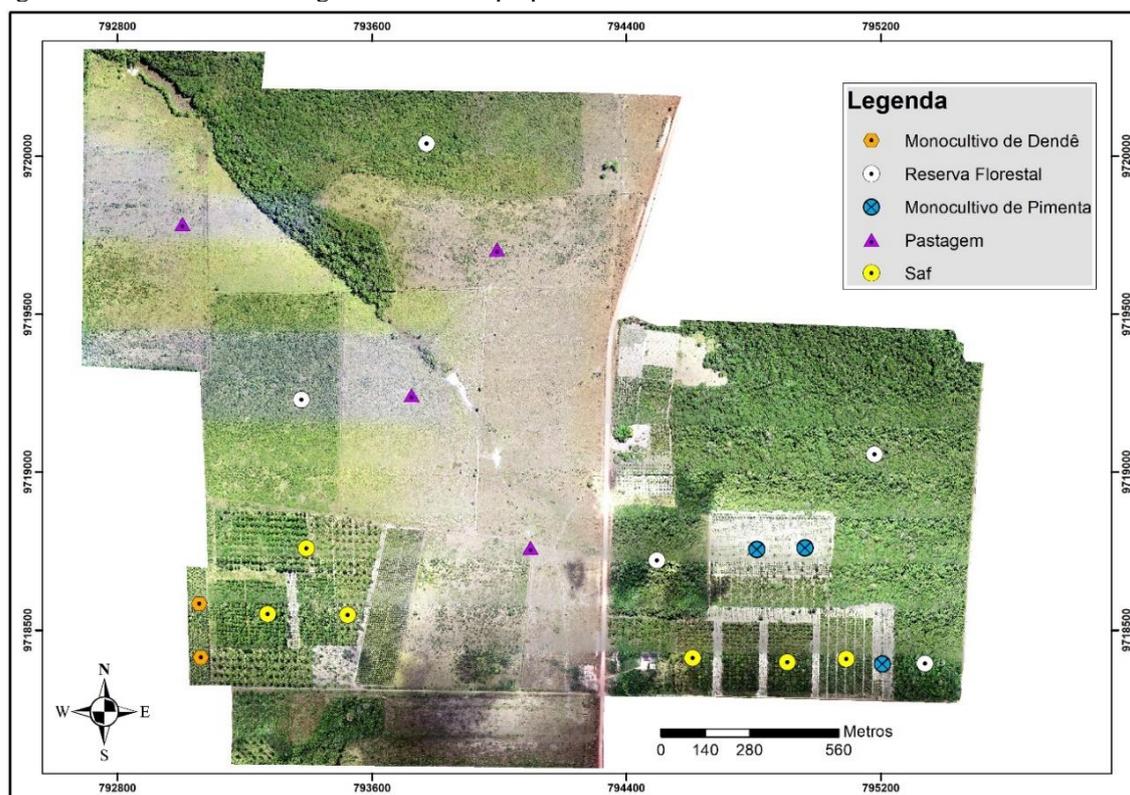


Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados coletados.

3.3.2 Amostragem de solos e procedimentos analíticos laboratoriais

A amostragem foi feita em uma propriedade contendo SAFs, monocultivo do dendê, pimenta-do-reino, pastagem e Área de Reserva. Os pontos foram ao longo da propriedade, a fim de contemplar todos os tipos de atividades agropecuárias já implantadas na área, bem como as áreas de reserva legal (floresta nativa) e áreas de pastagem, conforme mapa de amostragem (Figura 14).

Figura 14 - Pontos de amostragem de solos na propriedade rural.



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados coletados.

As amostras foram coletadas até 20 cm de profundidade, com auxílio de trado holandês, para determinar a concentração de nutrientes no solo. As coordenadas de cada ponto foram adquiridas com auxílio de um GPS GARMIN, modelo OREGON 650. O sistema de coordenadas utilizado foi o UTM (Universal Transverso de Mercator) com Datum SIRGAS 2000, zona 22. As informações tomadas nos pontos foram associadas às suas respectivas coordenadas geográficas com o auxílio de uma planilha eletrônica. As coletas foram realizadas em julho de 2020.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos, identificadas e armazenadas em caixas para posterior envio ao laboratório, conforme recomendações da EMBRAPA (2009). As amostras de solo, para os parâmetros químicos,

foram analisadas, via absorção atômica no laboratório de Hidrocarbontes – LABOHI, da UEPA. Os parâmetros químicos analisados foram: nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Fósforo (P), potássio (K), de acordo com os métodos adotados pela EMBRAPA (2009).

Após quantificação de nutrientes do solo, foram calculados os valores de perda de nutrientes, levando em consideração a perda de solo por erosão, os valores equivalentes em fertilizantes que necessitam ser repostos ao solo pela perda por erosão e o custo de aplicação de nutrientes.

Para determinação da quantidade de fertilizantes necessária para reposição dos nutrientes perdidos, aplicou-se a relação proposta por Bellinazzi Junior *et al.* (1981) na qual 5 kg de sulfato de amônia são necessários para repor 1 kg de nitrogênio, 56 kg de superfosfato simples para 1 kg de fósforo; 1,72 kg de cloreto de potássio para 1 kg de potássio e 2,63 kg de calcário dolomítico para repor 1 kg de cálcio + magnésio. Os preços aplicados no cálculo de custos foram tomados no mercado local do município de Tomé-Açu; os valores médios encontrados para os preços dos fertilizantes foram: sulfato de amônia – R\$ 1,84/kg, superfosfato simples – R\$ 2,41/kg, cloreto de potássio – R\$ 4,34/kg e calcário dolomítico – R\$ 2,11/kg.

Os resultados de perda de solo, perda de nutrientes, valores equivalentes de fertilizantes e custo de reposição foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste Skott-Knott (SK), $p < 0,05$, com a utilização do software R versão 3.5.2 (R CORE TEAM, 2018).

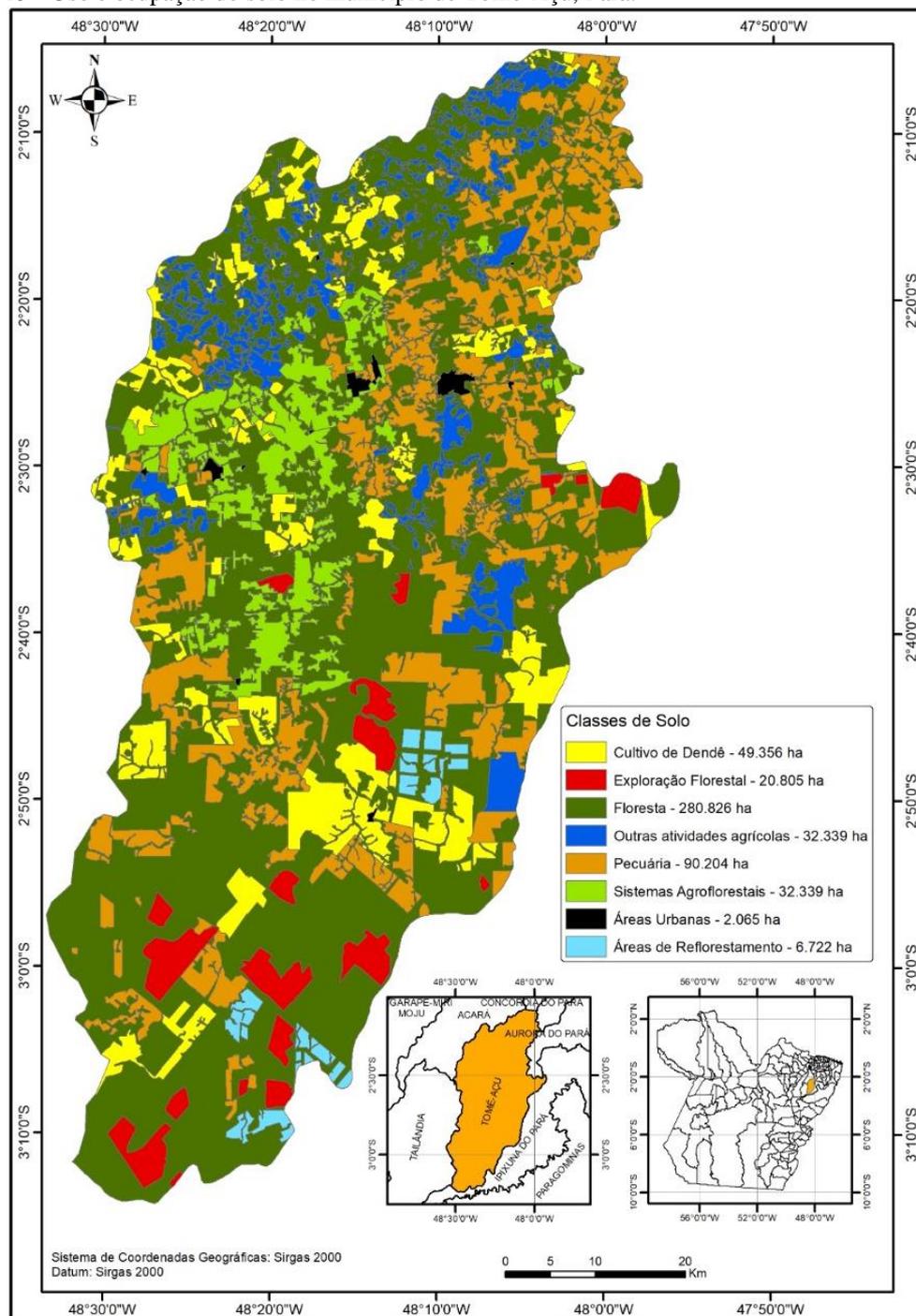
3.4 Resultados e Discussão

3.4.1 Uso do solo e perdas por erosão no município de Tomé-Açu

O mapa de uso e ocupação do solo de Tomé-Açu, no ano de 2020, mostra a diversidade de atividades agropecuárias do município, bem como a superioridade das áreas com atividade pecuária e monocultivo do dendê em relação aos plantios de SAFs (Figura 14). Considerando a totalidade, as áreas de florestas ocupam mais de 50% da área do município, sendo assim, este não possui passivo florestal, entretanto cada imóvel rural possui diferentes intensidades desse passivo (ou, até mesmo, de ativos florestais), necessitando de avaliações pontuais para o planejamento do uso da terra segundo as necessidades de recuperação ambiental de cada imóvel. Em ordem decrescente de área

ocupada por atividade, em hectares, temos: pecuária, cultivos de dendê, SAFs, outras atividades agrícolas⁶, exploração florestal e áreas de reflorestamento (Figura 15).

Figura 15 - Uso e ocupação do solo no município de Tomé-Açu, Pará.



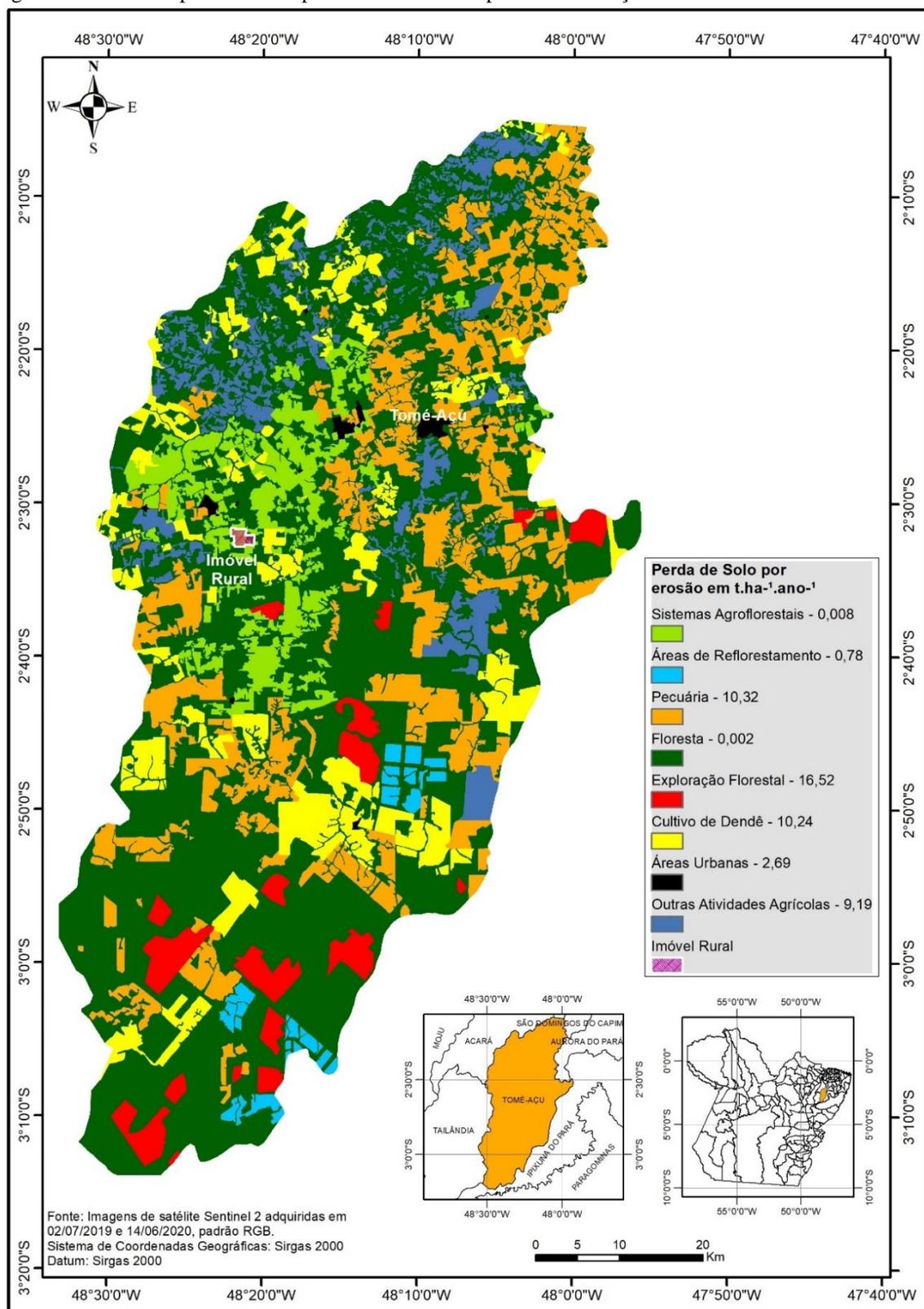
Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados coletados.

⁶ A categoria outras atividades agrícolas incorporam monocultivos diversos como: pimenta-do-reino, pitaya, mandioca, milho, soja, banana, açaí irrigado, cacau, cupuaçu etc.

Quando observado o uso do solo nas atividades agropecuárias do município, emerge a necessidade de se mensurar os benefícios dos SAFs nas dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade, sobretudo para fins de replanejamento do uso e redirecionamento de políticas públicas para atividades tidas como mais sustentáveis. Outrossim, um dos maiores diferenciais para a adoção de tais atividades diz respeito a menores custos de produção e conseqüentemente maior rentabilidade. Com efeito, a estimativa do gasto com a reposição de fertilizantes em diferentes usos do solo, pode ser decisivo na escolha da atividade e gera um parâmetro técnico, econômico e ambiental para fundamentar a conservação e a utilização sustentável desse ativo natural.

De posse do conjunto de dados e informações geradas foi possível estimar as taxas de perda de solo por erosão no município de Tomé-Açu e na propriedade rural para as áreas de SAFs, monocultivo do dendê, pimenta-do-reino e pastagem. Para o município de Tomé-Açu a taxa de perda de solos nos sistemas agroflorestais foi de $0,008 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ aproximando-se das taxas de perda em áreas de florestas (Figura 16). Isso mostra que no município, os SAFs oferecem maior proteção ao solo, menor taxa de erosão quando comparados as demais atividades, e conseqüentemente maior ganho econômico dado a maior retenção de nutrientes no sistema.

Figura 16 - Taxas de perda de solo por erosão no município de Tomé-Açu.



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados coletados.

As atividades com maior taxa de erosão foram as áreas desmatadas pela exploração florestal sem manejo. Essas áreas desmatadas, segundo a Coordenação Geral de

Observação da terra (BRASIL, 2020) tiveram um incremento de 0,26% nos anos de 2018/2019. Já o cultivo do dendê e a atividade pecuária, obtiveram as segundas maiores taxas de perda do solo, 10,24 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 10,32 t.ha⁻¹.ano⁻¹ respectivamente, o que revela a degradação do solo provocado por essas atividades no município.

A categoria de outras atividades agrícolas também apresentou taxas elevadas de perda do solo (9,19 t.ha⁻¹.ano⁻¹), o que pode levar a um maior investimento no manejo desse solo para manutenção das taxas de produtividade, com possível redução da margem de lucro. Destaca-se ainda que, dependendo da intensificação do processo de perda de nutrientes, um sistema produtivo pode se tornar inviável a determinadas culturas.

Nesse sentido Santos *et al.* (2015) também encontraram altas taxas de perdas de solo para áreas de pasto e agricultura anual na bacia do igarapé da prata, município de Capitão Poço. No município de Castela no Espírito Santo, Fiorese *et al.* (2019) também encontraram altas perdas para os monocultivos de café e os autores propõe como solução cultivos mais sustentáveis através da integração e diversificação dos plantios.

3.4.2 Perdas e custos de reposição de nutrientes perdidos por erosão no imóvel rural

Os resultados da Tabela 8 são referentes as concentrações de nutrientes quantificadas no imóvel rural para os diferentes usos, elas foram utilizadas como linha de base para calcular o custo de reposição a nível de propriedade.

Tabela 8 - Concentração de nutrientes nas amostras de solo para cada uso na propriedade rural.

Usos na propriedade	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca+Mg (mg.kg ⁻¹)	N (g.kg ⁻¹)
Sistemas Agroflorestais	8,91 <i>a</i>	31,52 <i>a</i>	668,56 <i>a</i>	3,78 <i>a</i>
Reserva Legal	3,50 <i>c</i>	16,92 <i>c</i>	152,08 <i>c</i>	3,82 <i>a</i>
Dendê	7,03 <i>b</i>	28,38 <i>a</i>	354,11 <i>b</i>	2,18 <i>b</i>
Pimenta-do-reino	5,19 <i>b</i>	24,66 <i>b</i>	316,05 <i>b</i>	2,19 <i>b</i>
Pastagem	1,37 <i>d</i>	15,25 <i>c</i>	266,96 <i>b</i>	1,47 <i>c</i>

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Nota: As letras minúsculas apontam as diferenças significativas entre os uso do solo de acordo com o teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Pode-se observar que o fósforo apresentou maiores concentrações nos SAFs com 8,91 mg.kg⁻¹ do elemento, seguido do monocultivo de dendê com 7,03 mg.kg⁻¹. Segundo Luz, Ferreira e Bezerra (2002), os teores de P para o SAF e monocultivo de dendê nessas concentrações representam níveis médios de fertilidade, ainda segundo os mesmos autores, as concentrações de P no monocultivo de pimenta com 5,19 mg.kg⁻¹ e reserva florestal com 3,5 mg.kg⁻¹ refletem teores de solos de baixa fertilidade.

As áreas de pastagem foram as áreas de menor fertilidade quanto aos teores de fósforo, haja vista que na pastagem ocorre a lixiviação e não há reposição do elemento por adubação. Tal com as áreas de pastagem, as áreas de floresta também apresentaram baixa fertilidade com relação as concentrações do P, porém nesse caso este comportamento deve-se a característica pedológica da área. A pastagem se destacou como o sistema que apresentou a menor fertilidade com $1,37 \text{ mg.kg}^{-1}$ de P, pois apesar dessas áreas estarem em níveis topográficos mais baixos, o fósforo é um elemento que apresenta baixa mobilidade.

O K apresentou teor médio na área de SAF e monocultivo de dendê de $31,52 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $28,38 \text{ mg.kg}^{-1}$ respectivamente, já para o monocultivo da pimenta o teor de K foi de $24,66 \text{ mg.kg}^{-1}$. Na área de reserva florestal, o teor de K não diferiu significativamente da pastagem. Esse acúmulo de K na área de pastagem da propriedade pode ser atribuído a lixiviação e sedimentação desse elemento nessa área de menor cota topográfica, dado que de todos os elementos relacionados a fertilidade do solo, o K é o mais móvel, ou seja, ele é facilmente carregado por escoamento superficial ou infiltração de áreas adubadas em volta da pastagem.

O comportamento do Ca e Mg não diferiram dos outros nutrientes apresentando maior teor nas áreas de SAF com $668,56 \text{ mg.kg}^{-1}$, seguido do monocultivo do dendê ($354,11 \text{ mg.kg}^{-1}$) e pimenta ($316,05 \text{ mg.kg}^{-1}$), valores considerados altos do ponto de vista da fertilidade do solo (LUZ; FERREIRA; BEZERRA, 2002). Os valores de Ca e Mg na área de pastagem não diferiram significativamente das áreas de monocultivo de dendê e pimenta. Já na reserva florestal as concentrações de Ca e Mg apresentaram os menores teores ($152,08 \text{ mg.kg}^{-1}$) e essa concentração diferiu significativamente da concentração desses elementos para todos os demais usos.

Os teores de N para as áreas de SAF ($3,78 \text{ g.kg}^{-1}$) e reserva Florestal ($3,78 \text{ g.kg}^{-1}$) não diferiram significativamente. Já nas áreas de monocultivo de dendê ($2,18 \text{ g.kg}^{-1}$) e pimenta ($2,19 \text{ g.kg}^{-1}$) os níveis de N apresentaram-se estatisticamente menores que as áreas de SAF e Reserva Florestal. A pastagem foi a parcela da propriedade que apresentou menor teor de N com $1,47 \text{ g.kg}^{-1}$.

Quando se compara os sistemas manejados como SAFs e monocultivos, percebe-se que apesar da adubação ocorrer em ambos os sistemas, as áreas de SAF são as que conseguem reter maior concentração dos nutrientes no solo, principalmente para o K, Ca e Mg que são lixiviados em solução, pois possuem bastante mobilidade em solos amazônicos.

Os valores de Ca e Mg nas áreas de monocultivo de dendê e pimenta possivelmente se assemelham por conta do uso de calcário adicionado nestas áreas para correção do pH do solo. Por outro lado, nas áreas de pastagem possivelmente os teores de Ca e Mg encontrados refletem a lixiviação destes nutrientes das áreas adjacentes, tal como ocorre com o potássio.

Todavia, é importante frisar a semelhança no teor de N nas áreas de SAF com as áreas de reserva florestal que foram estatisticamente iguais, mostrando que nessas áreas o processo de ciclagem de N através da liteira que fica sobre o solo é muito semelhante, dada a alta produção de matéria orgânica através da deposição de resíduos vegetais, o que acaba por repor boa parte do N perdido por lixiviação e exportação por colheita.

Outra questão relevante para a semelhança nas concentrações de nitrogênio nas áreas de SAF e reserva florestal refere-se a presença de cobertura vegetal mais densa, quando comparada aos demais cultivos na área. Nesse sentido Iwata *et al.* (2012) em seus estudos também encontrou comportamento semelhante entre áreas de SAFs e florestas, não havendo diferença significativa entre as concentrações de nutrientes nas áreas.

Em suma, ao se analisar o conjunto dos teores de nutrientes presentes na propriedade, pode-se perceber as áreas de SAFs sempre com maiores valores dos nutrientes quantificados e maior semelhança na concentração desses com as áreas de reserva florestal. As perdas de solos e nutrientes por erosão constam na Tabela 9. Em uma análise comparativa percebe-se que as perdas de solo na área de reserva legal foram estatisticamente iguais às áreas de sistemas agroflorestais, evidenciando a importância da cobertura vegetal (MAIA *et al.*, 2008; JUNQUEIRA *et al.*, 2013).

Tabela 9 – Perda de solos e de nutrientes nos sistemas agropecuários.

Uso do solo na propriedade	Área (ha)	Perda do solo (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Perda de N (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Perda de P (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Perda de K (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Perda de Ca+Mg (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Sistemas agroflorestais	55,97	0,683 <i>d</i>	51,68 <i>c</i>	12,18 <i>c</i>	43,06 <i>d</i>	913,26 <i>d</i>
Reserva Legal	195,45	0,686 <i>d</i>	53,85 <i>c</i>	4,80 <i>c</i>	23,22 <i>d</i>	208,65 <i>e</i>
Dendê	2,53	1,983 <i>c</i>	104,01 <i>b</i>	33,47 <i>b</i>	135,11 <i>c</i>	1.685,56 <i>c</i>
Pimenta-do-reino	37,44	9,526 <i>a</i>	418,25 <i>a</i>	98,81 <i>a</i>	469,65 <i>a</i>	6.017,64 <i>a</i>
Pastagem	147,89	6,013 <i>b</i>	150,73 <i>b</i>	16,53 <i>c</i>	183,39 <i>b</i>	3.210,47 <i>b</i>

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Nota: As letras minúsculas apontam as diferenças significativas entre os uso do solo de acordo com o teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Notadamente, percebe-se que nas áreas de monocultivo de dendê e pastagem, apesar de mostrarem uma perda de solo mais acentuada que nas áreas de reserva florestal e SAFs, estes sistemas ainda permitiram certa retenção do solo, dado a presença de gramíneas na pastagem e a própria vegetação do dendê. Já nas áreas de monocultivo de pimenta, devido ao espaçamento entre as plantas, com áreas sem nenhuma cobertura vegetal a perda de solos foi mais acentuada, devido ao impacto direto das gotas de chuva no solo e maior escoamento superficial.

Observando os resultados da Tabela 9 nota-se que as perdas de solo e consequentemente de nutrientes foram menores em área de SAF e reserva florestal, mostrando que assim como para o município, na propriedade rural os SAFs oferecem maior potencial de conservação dos solos e menor consumo de fertilizantes quando comparados as demais atividades. As quantidades de fertilizantes necessárias para repor os nutrientes perdidos constam na Tabela 10.

Tabela 10 - Quantidade de fertilizante ($\text{kg}\cdot\text{ano}^{-1}$) necessária para repor os nutrientes perdidos por erosão em cada uso do solo.

Uso do solo	Superfosfato Simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico	Sulfato de Amônia
Sistemas agroflorestais	67,72 <i>c</i>	74,06 <i>d</i>	5.067,98 <i>d</i>	388,99 <i>c</i>
Reserva Florestal	26,69 <i>c</i>	39,94 <i>d</i>	1.157,90 <i>e</i>	262,05 <i>c</i>
Dendê	186,11 <i>b</i>	232,39 <i>c</i>	9.353,72 <i>c</i>	520,03 <i>c</i>
Pimenta-do-reino	549,42 <i>a</i>	807,80 <i>a</i>	33.393,73 <i>a</i>	2091,23 <i>a</i>
Pastagem	91,93 <i>c</i>	315,44 <i>b</i>	17.815,87 <i>b</i>	883,91 <i>b</i>

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Nota: As letras minúsculas apontam as diferenças significativas entre os usos do solo de acordo com o teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Do ponto de vista da quantidade de fertilizantes nota-se que a atividade de monocultivo de pimenta foi a que apresentou maior demanda para todos os fertilizantes, com diferença significativa entre os demais usos, refletindo o processo de perda de solos por erosão e consequentemente a perda de nutrientes. Fenômeno relacionado a menor cobertura vegetal para este tipo de uso do solo.

A quantidade necessária de superfosfato simples para repor as perdas de P no monocultivo de dendê diferiu estatisticamente dos demais usos, sendo menor somente no monocultivo de pimenta. Este comportamento demonstrou que apesar da cobertura vegetal e o manejo adotado no monocultivo de dendê, este possui baixa capacidade de retenção do solo em relação ao elemento P.

Ainda com relação ao P, a pastagem, os SAFs e a reserva florestal não diferiram estatisticamente entre si. Vale frisar que, a pastagem, na área de estudo, recebe aporte de nutrientes das áreas adjacentes que sofrem maior lixiviação por serem mais altas topograficamente, já nos SAFs e reserva florestal, a cobertura vegetal preserva o solo da erosão hídrica e a ciclagem de nutrientes serve de *input* para as concentrações de P no solo.

O cloreto de potássio necessário para a reposição de K, na área de pastagem mostrou diferença significativa com relação aos outros usos, sendo menor somente em concentração somente com relação ao monocultivo de pimenta. É importante destacar que assim como o P, o K também é potencialmente lixiviado das áreas adjacentes a pastagem, porém diferente do P, o K possui maior mobilidade em solução, sendo portanto mais lixiviado.

Nesse contexto, mesmo havendo entrada de K através de lixiviação das áreas adjacentes, boa parte deste não permanece na área de pastagem, sendo carregado para as águas superficiais e subterrâneas, havendo assim maior necessidade de reposição. Na área de dendê, as perdas para esse elemento foram menores que na pastagem e no monocultivo de pimenta, devido a maior cobertura vegetal, porém as áreas que menos demandaram reposição de cloreto de potássio foram as áreas de SAF e reserva florestal por conta da maior cobertura vegetal.

Com relação ao calcário dolomítico, é importante frisar que somente nas áreas de pastagem e reserva florestal não é realizado o processo de calagem de solos para correção do pH, com adição de calcário dolomítico. Feita esta consideração, a área de pastagem foi a que mais demandou o fertilizante, depois do monocultivo da pimenta. Obviamente esta demanda na área de pastagem se deve ao fato de que nesta área não ocorre *input* de calcário, somente através de lixiviação de Ca e Mg das áreas adjacentes. Já na área de monocultivo de dendê, apesar da cobertura vegetal e adição de calcário para correção de pH, nota-se que houve uma perda significativa de Ca e Mg pela necessidade de reposição com calcário dolomítico, possivelmente pela baixa capacidade de retenção de nutrientes neste tipo de uso.

Dentro dos usos e cultivos múltiplos do solo na propriedade, as áreas de SAFs, foram as que menos demandaram a reposição de calcário dolomítico, demonstrando que o sistema possui boa capacidade de retenção de Ca e Mg, destacadamente pela sua maior cobertura vegetal e ciclagem de nutrientes, ficando somente atrás da área de reserva florestal que possui maior capacidade de produção de biomassa na liteira e evidentemente maior ciclagem de nutrientes, com menor perda por erosão devido a densidade da cobertura vegetal. Com a multiplicação entre as quantidades de nutrientes perdidos em equivalentes

de fertilizantes e o preço do quilo para cada fertilizante obteve-se os custos de reposição de nutrientes perdidos por erosão em cada uso do solo na propriedade (Tabela 11).

Tabela 11 - Custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão em R\$.ano⁻¹.

Uso	P	K	Ca+Mg	N	Custo total
Sistemas agroflorestais	163,20 <i>c</i>	321,44 <i>d</i>	5.067,98 <i>d</i>	475,45 <i>c</i>	6.028,09 <i>c</i>
Reserva Legal	64,34 <i>c</i>	173,35 <i>d</i>	1.157,90 <i>e</i>	482,17 <i>c</i>	1.877,77 <i>c</i>
Dendê	448,54 <i>b</i>	1.008,58 <i>c</i>	9.353,72 <i>c</i>	986,85 <i>b</i>	11.767,71 <i>b</i>
Pimenta-do-reino	1.324,11 <i>a</i>	3.505,86 <i>a</i>	33.393,73 <i>a</i>	3.847,85 <i>a</i>	42.071,57 <i>a</i>
Pastagem	221,57 <i>c</i>	1.369,01 <i>b</i>	17.815,87 <i>b</i>	1.386,67 <i>b</i>	21.032,86 <i>b</i>

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Nota: As letras minúsculas apontam as diferenças significativas entre os uso do solo de acordo com o teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

O custo com a reposição de nutrientes foi menor nos sistemas agroflorestais quando comparada ao cultivo de dendê, pimenta-do-reino e áreas de pastagem. As perdas de solo no monocultivo da pimenta-do-reino resultaram em custos de reposição de nutrientes quase sete vezes maiores que os custos dos SAFs, já os custos de reposição na pastagem e dendezal também em comparação aos SAFs foram aproximadamente três vezes e meia e duas vezes maiores que os custos dos SAFs respectivamente.

O cálculo da perda de solo por erosão na propriedade, levou em consideração a quantidade de chuvas, tipos de solos, declividade e uso e ocupação do solo. A declividade, tipo de solo e quantidade de chuvas para a propriedade apresentaram pouca variação, ficando somente o uso e ocupação do solo, como fator determinante para as taxas de perda de solo, neste sentido, Dechen *et al.* (2015) assevera que quanto maiores as taxas de cobertura vegetal, menores as perdas do solo por erosão.

Ainda nesse sentido, Bertoni e Lombardi Neto (2017) enfatizam a importância da vegetação como a defesa natural do terreno, cujos efeitos são enumerados e expostos pelos autores da seguinte forma: i). proteção direta contra o impacto da gota das chuvas; ii). dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que ela chegue ao solo; iii). Decomposição das raízes das plantas que formam canaliculos no solo e amentam a infiltração; iv). Melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando sua capacidade e retenção de água; e v). diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

Bertoni e Lombardi Neto (2017) também evidenciaram no estado de São Paulo que os maiores custos de reposição estão relacionados às culturas anuais, principalmente mamona, feijão, soja, arroz e algodão. Ressaltaram ainda sobre a importância da

diversificação de culturas anuais e perenes no planejamento de terras com vistas a recuperar os solos já degradados e manter os níveis de sustentabilidade da produção agrícola. Portanto, esses resultados experimentais a nível de município e propriedade rural permitiram, através das evidências empíricas demonstrar a capacidade dos sistemas agroflorestais na retenção de nutrientes, conservação dos solos e recuperação de áreas já degradadas, bem como a necessidade de sua conservação no município para a manutenção da produtividade das diversas lavouras.

3.5 Conclusões

As taxas de perda de solos por erosão nas áreas de SAFs tanto no município de Tomé-Açu como na propriedade rural, assemelharam-se às taxas de perda das áreas de florestas e foram menores do que nas áreas de monocultivo do dendê, pimenta-do-reino e pastagem. Em consequência dessas taxas de perdas de solo, os SAFs apresentaram substanciais diferenças no custo de reposição de nutrientes, quase sete vezes menor no SAF em comparação ao custo na área de monocultivo da pimenta-do-reino, três vezes e meia menor em comparação a pastagem e duas vezes menor em comparação ao monocultivo do dendê. Com isto, os resultados confirmam a hipótese proposta nesse capítulo.

Tanto no município como na propriedade rural o fator determinante para as taxas de perdas do solo foram seu uso e ocupação, dado que os demais fatores apresentaram pouca variação. Este aspecto aponta para a necessidade de replanejamento do uso do solo e direcionamento de políticas públicas municipais, baseadas nos resultados dessa pesquisa sobretudo a nível municipal para o desenvolvimento de atividades agropecuárias com maior grau de sustentabilidade socioeconômica e ambiental.

Foram evidenciadas as métricas de perdas ambientais e econômicas, relacionadas à escolha de atividades agrícolas em monocultivos em detrimento de sistemas agroflorestais. Porém, mesmo sendo um estudo realizado em uma unidade de produção representativa dos SAFs desenvolvidos no município de Tomé-Açu, os resultados não devem ser diretamente extrapolados sem a devida cautela para outros municípios e/ou outras propriedades rurais, haja vista que trata-se de um estudo de caso.

Estudos mais abrangentes e aprofundados sobre os demais serviços ecossistêmicos dos solos nos diferentes biomas que possuem SAFs, englobando também aspectos biológicos desse ativo natural, são igualmente importantes, pois a valoração econômica dos

nutrientes perdidos por erosão não reflete a totalidade dos serviços ecossistêmicos ofertados pelo solo em diferentes sistemas agroflorestais na Amazônia.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3 ed. São Paulo: Expressão Popular; Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012. 400 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Séries Históricas de Estações**: hidroweb v3.1.1. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas. Acesso em: 15 abr. 2020.

AZEVEDO JUNIOR, W. C de. **Balanco de nutrientes e sua inclusão no produto interno bruto do Brasil, ajustado pela depreciação do solo agrícola**. 2019. 117f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Universidade Federal do Pará, Belém, PA: 2019.

BARROS, A. V. L. de; HOMMA, A. K. O.; TAKAMATSU, J. A.; TAKAMATSU, T.; KONAGANO, M. Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros do município de Tome-Açu, estado do Pará. **Amazônia Ciência e tecnologia**, v. 5, p. 121-151. 2009.

BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTONI, D.; LOMBARDI NETO, F. A ocorrência de erosão rural no estado de São Paulo. In: **Anais...** Simpósio sobre o Controle da Erosão, 1981. São Paulo: ABGE, 1981. p. 117-137.

BERTALANFFY, L. von. **General system theory**. New York, George Braziller, 1968.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 10. ed. São Paulo: Ícone, 2017. 392p.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.

BRIENZA JUNIOR, S. *et al.*, Sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 anos de pesquisas. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n.60, p.67-76. 2009.

CAPORAL, F.R.; COSTABEBER, J.A. Agroecologia e Extensão Rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. Brasília: MDA/SAF/DATER, 2007.

CARVALHO, A. C. B.; RIBEIRO, C. B. M.; ROCHA, W. S. D. **Erosão potencial laminar hídrica sob três formas de cultivo**. Conceitos, modelos e aplicações. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2014. 89p.

CARVALHO, H. J. M.; RIBEIRO, C. A. M.; SANTOS, M. A.; CARVALHO, P. C. R. Estimativa de perda de solo por erosão laminar em Lucena – PB. **Revistas Ecologias Humanas**, v.5, n.6, p.16-22, 2019.

COSTA, F. de A. Notas sobre uma Economia Importante, (Super) Verde e (Ancestralmente) Inclusiva na Amazônia. In: AZEVEDO, A. A; CAMPANILI, M.; PEREIRA, C. (Org.). **Caminhos para uma Agricultura Familiar sob bases ecológicas: produzindo com Baixa Emissão de Carbono**. Brasília, DF: IPAM, p. 51-72, 2015.

COSTA, T. C. C.; FIDALGO, E. C. C.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P.; ZARONI, M. J.; UZEDA, M. C. Vulnerabilidade de sub-bacias hidrográficas por meio da equação universal de perda de solo e da integração de parâmetros morfométricos, topográficos, hidrológicos e de uso/coertura da terra no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v.4, n.1, p.93-116, 2009.

COSTA, T. C. C.; LUMBRELAS, J. F.; ZARONI, M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P.; UZEDA, M. C. Estimativas de perdas de solo para microbacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. **Embrapa Solos**, n78, 2005. 48p.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artemed, 2007. 284p.

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; De MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v.74, n.2, p. 224-233, Campinas, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0363>. Acesso em: 12 jun. 2020.

DUBOIS, J. C. L.; VIANA, V. M. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: Rebraf, v.1, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. 2019. **Censo Agropecuário 2017: Tomé-Açu**. Brasília: IBGE, 2019. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tome-acu/pesquisa/24/27745. Acesso em: 12 fev. 2019.

EMPRESA AGROPECUÁRIA DO BRASIL. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p. Disponível em: embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829 . Acesso em: 21 abr. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. Ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. **Intergovernmental Technical Panel on Soils**. Rome, Italy: FAO. ITPS, 2015.

FIGLIANO, C. H. U.; TORRES, H.; CARVALHO, J. A. de; CARVALHO, P. O.; RIBEIRO, I. M. L.; BATISTA, J. G.; BATISTA, G. G.; BATISTA, A. M. da. Levantamento da perda de solo por erosão hídrica dos cultivos de café do município de Castelo, Estado do Espírito Santo. In: SANTOS, C. A. (Org.). **Produção e manejo de culturas agrícolas de importância econômica**. Ed. Uniedusul. p.55-64. 2019. DOI 10.29327/53723-6.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F.; JUCKSCH, I.; FILHO, E. I. F.; SILVA, E.; NETO, J. A. A. M. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.751-760. 2002.

GARDIMAN JUNIOR, B. S.; COUTO, D. R.; SOUZA, F. B. C.; SANTOS JUNIOR, G. N.; GARCIA, G. O.; SANTOS, A. R. Estimativa de perda de solo em área de preservação permanente na bacia hidrográfica do córrego horizonte, Alegre, ES. In: SANTOS, A. R.; PELÚZIO, J. B. E.; PELUZIO, T. M. O; SANTOS, G. M. D. A. (Org.). **Geotecnologias Aplicadas aos Recursos Florestais**. CAUFES. 2012. 250p.

GUERRA, A. J. T. Degradação dos solos – Conceitos e temas. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org.). **Degradação dos solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2014. 317p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**: Tomé-Açu. Brasília: IBGE, 2021. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tome-acu/panorama. Acesso em: 20 set. 2020.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L. GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.730–738, 2012.

JUNQUEIRA, A. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; CANUTO, J. C.; NOBRE, H. G.; SOUZA, T. J. M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p.102-115, 2013.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. *et al.* (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1. ed. 2007. 1017p.

LUZ, M.J.da S.; FERREIRA, G.B.; BEZERRA, J.R.C. Adubação e correção do solo: procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo. **Circular Técnica**: Embrapa, Campina Grande: out. 2002

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**. Conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. 2010. 340p.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S. Frações de nitrogênio em Luvissole sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.381-392, 2008.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. São Paulo: Atlas, 2007.

MARQUES, J. F.; LOBARDI NETO, F. BACELLAR, A. A. A. Erosão do solo: Indicadores físicos e econômicos. In: **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. (Ed.). Embrapa Meio Ambiente. 2003. 283p.

MARTINS, J. J. F. **Padrões econômico-ambientais da agropecuária no Estado do Tocantins: estudo comparativo de microbacias correspondentes a três sistemas agrários relevantes**. 2010. 247f. Tese (Doutorado em Ciências do Desenvolvimento Socioambiental). Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Belém, 2010.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCOVERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. B. **Restauração ecológica com Sistemas Agroflorestais**: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPAN), Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF), 2016. 266 p.

PEREIRA, L. C.; TÔSTO, S. G.; CARVALHO, J. P. Erosão do solo e valoração de serviços ambientais. In: PARRON *et al.* (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma mata Atlântica**. Embrapa, Brasília. 2015. 374p.

PORRO, R.; MILLER, R. P.; TITO, M. R.; DONOVAN, J. A.; VIVAN, J.L.; TRANCOSO, R.; KANTEN, R. F. van; GRIJALVA, J. E.; RAMIREZ, B. L.; GONÇALVES, A. L. Agroforestry in the Amazon Region: a pathway for balancing conservation and development. In: NAIR, P.K.R; GARRITY, D. (eds.). **Agroforestry: the future of global land use**. (ADAG, v.9) Advances in Agroforestry, Dordrecht, 2012. 391-428p.

PRIMAVESI, A. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. 2 ed. São Paulo: Expressão popular, 2016. 205 p.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **PRODES**: Desmatamento nos Municípios da Amazônia Legal. INPE, 2020. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. Acesso em: 03 out. 2020.

PUGLIESI, A. C. V.; MARINHO, M. A.; MARQUES, J. F.; LUCARELLI, J. R. F. Valoração econômica do efeito da erosão em sistemas de manejo do solo empregando o método custo de reposição. **Bragantia**, v. 70. n.1 p.113-121, Campinas, 2011.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Version 3.5.1. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018.

ROCKSTRÖM, J., WILLIAMS, J., DAILY, G.; NOBLE, A.; MATTHEWS, N.; GORDON, L.; WETTERSTRAND, H.; DECLERCK, F.; SHAH, M.; STEDUTO, P.; FRAITURE, C.de; HATIBU, N.; UNVER, O.; BIRD, J.; SIBANDA, L.; SMITH, J. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. **Ambio**, n.46, p. 4–17, 2017. Disponível em: doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6. Acesso em: 12 jun. 2018.

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L. dos; ROLLIM, P. A. M.; SANTOS, E.; REGO, R. S.; SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; GAMA, J. R. N. *et al.* **Caracterização e classificação dos solos do município de Tomé-Açu, PA**. Embrapa Amazônia Oriental. 2001. 53p.

SANTOS, D. B. O.; BLANCO, C. J. C.; PESSOA, F. C. L. RUSLE para determinação da tolerância de perda de solo. **Biota Amazônia**, v.5, n.4, p. 78-83. 2015.

TÔSTO, S.G. **Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP**. 2010. 217f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP: 2010.

VEZZANI, F. M. . Solos e os Serviços Ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 673-684, 2015.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall-erosion losses: a guide to conservation planning. Estados Unidos da América (EUA): **Department of Agriculture, Agriculture Handbook**, n. 537, 1978.

YOUNG, A. Agroforestry for soil conservation. Wallingford: CAB International. **ICRAF Science and Practice of Agroforestry**, n.4, 1991, 275p.

4 ANÁLISE DOS INDICADORES DE VIABILIDADE BIOECONÔMICA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE TOMÉ-AÇU, PARÁ, AMAZÔNIA

RESUMO

Os sistemas agrofloretais de Tomé-Açu estão inseridos em uma perspectiva de sustentabilidade em suas múltiplas dimensões, aliando produção agrícola, conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida com geração de emprego e renda, mesmo assim esses sistemas são constantemente ameaçados de substituição por práticas agropecuárias menos sustentáveis e de alto passivo ambiental. Nesse contexto, o objetivo deste capítulo foi avaliar a viabilidade bioeconômica de Sistema Agroflorestais de Tomé-Açu em comparação a outros sistemas de produção. Os dados primários foram obtidos no imóvel rural de um produtor cooperado da CAMTA, utilizando a técnica de observação direta intensiva e entrevistas estruturadas para obter as informações do orçamento unitário e a inclusão dos custos implícitos dos ativos naturais solo, água e serviços ecossistêmicos dos SAFs. Foram estabelecidos também cenários de redução na receita líquida com base no risco climático para avaliar o efeito da irregularidade de chuvas no sistemas produtivos. Os resultados da análise para os indicadores bioeconômicos, mostraram maior viabilidade para os SAFs. O modelo de SAF I composto por pimenta-do-reino, cacau, açaí e mogno apresentou maior atratividade, com VPL de R\$ 55.297,42, TIR = 20,35% e $R_{b/c} = 1,3$, e foi o mais intensivo em mão-de-obra, gerando um emprego por 13 anos a cada 2,13 ha implantados do modelo de SAF I. Os modelos de SAFs analisados também mostraram maior capacidade de resistência quanto a oscilações nas taxas de juros e redução na receita líquida por conta de perdas na produtividade oriundas da irregularidade de chuvas relacionada aos fenômenos climáticos. Concluiu-se que o desempenho bioeconômico e o caráter inclusivo das culturas cultivadas nos SAFs tem o potencial de induzir o desenvolvimento local e sustentável. Fazendo desses agroecossistemas um instrumento compatível para a promoção dessa forma de desenvolvimento na Amazônia, pois além de seu desempenho econômico, eles vislumbram a possibilidade de inclusão social, melhoria da qualidade de vida e conservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Bioeconomia. Custo de oportunidade. Ativos naturais. Sustentabilidade. Desenvolvimento rural. Amazônia.

4 ANALISYS OF BIOECONOMIC VIABILITY INDICATORS IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN TOMÉ-AÇU, PARÁ, AMAZÔNIA

ABSTRACT

The agroforestry systems of Tomé-Açu are inserted in a perspective of sustainability in multiples dimensions, allying agricultural production, environmental preservation and improvement of life's quality with creation of employment and income, even that, these systems are constantly threatened of substitution for agricultural practices lesser sustainable and with high environmental liability. In this context, the objective of these chapter was to evaluate the bioeconomic viability of the Agroforestry systems of Tomé-Açu in comparison with others systems of production. The primary data were obtained at the rural property of a cooperated producer of CAMTA, using the direct intensive observation technique and structured interviews to obtain the information of the unitary budget and the inclusion of the implicit costs of the natural assets of soil, water and ecosystem services of the agroforestry systems. Were established scenarios of net revenue reduction in basis of the climate risk to evaluate the effect of the irregularity of rain at the productive systems. The results of the analysis to the bioeconomic indicators showed higher viability to the agroforestry systems. The AS I model, composed by black pepper, cocoa, açaí and mahogany presented higher attractive, with Net Present Value (NPV) of R\$ 55,297.42, Internal Rate of Return (IRR) = 20.35% and $R_{b/c} = 1.3$, and it was the more intensive in labor, generating one employment for 13 years to each 2.13 ha in the AS I model. The model of AS analyzed also showed higher capacity of resistance to the oscillation in the interest rate and reduction in the net revenue due to losses in the productive from the irregularity of rain, related with the climatic phenomena. It was concluded that the bioeconomic performance and the inclusive nature of cultures cultivated in the agroforestry systems has the potential of induce the local and sustainable development. Making these agroecosystems a compatible instrument for the promotion of this form of development at the Amazon, because, besides their economic performance, they envision the possibility of social inclusion, improvement in the quality life and conservation of natural resources.

Keywords: Bioeconomy. Opportunity Cost. Natural Assets. Sustainability. Rural Development. Amazon.

4.1 Introdução

As formas predominantes de uso da terra na Amazônia vêm comprometendo significativamente o ativo natural floresta e seus serviços ecossistêmicos, que se manifestam principalmente em extensos monocultivos, e no desmatamento de extensas áreas para pecuária extensiva que posteriormente se transformarão em grandes áreas de solos degradados (BUENO *et al.*, 2019). Essa forma de exploração dos recursos naturais intensifica a demanda pelo estabelecimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis nos aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Neste contexto, os sistemas agroflorestais (SAFs) são alternativas de uso do solo que combinam intencionalmente um conjunto de técnicas, em uma mesma unidade de área, espécies florestais com cultivos agrícolas, com ou sem a presença de animais, para ofertar bens e serviços em bases sustentáveis, produto das interações estabelecidas (SILVA, 2013). Esses sistemas estabelecidos em diversas regiões da Amazônia demonstraram resultados econômicos, sociais e ambientais superiores aos sistemas em monocultivo (SANGUINO *et al.*, 2007; VARELA; SANTANA, 2009; SANTANA, 2020).

O município de Tomé-Açu, estado do Pará, concentra o maior número de produtores que cultivam os SAFs de maior consistência econômica, ambiental e social da Amazônia. Esses sistemas, conhecidos como Sistemas Agroflorestais de Tomé-Açu (SAFs), são formados basicamente pela combinação das lavouras de pimenta-do-reino, cacau, açaí e cupuaçu e/ou com outras espécies frutíferas e florestais. O sistema diminui o uso de fertilizantes sintéticos e pesticidas químicos, produzindo alimentos de boa qualidade e em quantidades suficientes (KONAGANO *et al.*, 2016).

Assim, de um modo geral, uma importante característica dos SAFs é que eles estão inseridos numa perspectiva de sustentabilidade, uma vez que contemplam a valorização e utilização dos processos e recursos biológicos para o desenvolvimento sustentável na agricultura com forte aderência às dimensões do desenvolvimento sustentável (KONAGANO *et al.*, 2016). Na *dimensão econômica* proporciona maior produção e receita por área ao gerar receita ao longo do ano oriunda de vários produtos; na *dimensão ambiental* protegem o solo contra a erosão e degradação e auxilia na conservação de nascentes; na *dimensão social* gera emprego de mão-de-obra fixa, reduz do êxodo rural e melhora o padrão de vida das famílias (MICCOLIS *et al.*, 2016).

Estes aspectos consolidam os SAFs como um importante elemento de desenvolvimento sustentável na atividade agrícola, pois apontam para a possibilidade de

associar ganhos econômicos, com a manutenção do bem-estar social e proteção ambiental (HOMMA, 2004; SILVA, 2013). Contudo, para que os Sistemas Agroflorestais possam ser utilizados como instrumentos para o desenvolvimento local sustentável, torna-se essencial a análise de sua viabilidade bioeconômica de forma a computar seus benefícios econômicos, sociais e ambientais. Nesse sentido um dos grandes desafios para o futuro da agricultura, está na necessidade do aprofundamento de estudos voltados a aplicação integrada de análises econômicas que levem em consideração os processos biofísicos e sócio adaptativos nas políticas de desenvolvimento local e sustentável.

Nesta perspectiva, buscou-se responder a seguinte problemática: os sistemas agroflorestais de Tomé-Açu (SAFs) apresentam melhor desempenho bioeconômico quando comparados a sistemas de monocultivo da pimenta-do-reino e consórcio de açaí irrigado com pimenta-do-reino? Presume-se que os SAFs apresentam melhor desempenho bioeconômico comparado aos sistemas de monocultivo da pimenta-do-reino e consórcio de açaí irrigado com pimenta-do-reino e conseqüentemente oferecem melhor alternativa como sistema produtivo indutor do desenvolvimento local sustentável.

Nesta análise bioeconômica dos SAFs, o grande diferencial para as avaliações de viabilidade de empreendimentos rurais está no esforço de incorporar os custos de oportunidade dos ativos solo, água e serviços ecossistêmicos, ativos estes que ainda são considerados bens livres nas análises convencionais. Além disso, outro aspecto diferencial desta pesquisa, normalmente negligenciado porém necessário, é a inclusão da remuneração do produtor na composição dos custos (SANTANA, 2005; 2020).

No entanto, o desempenho bioeconômico, o caráter social inclusivo e ambientalmente sustentável da produção em sistemas agroflorestais pode instrumentalizar um modelo de desenvolvimento local sustentável para a Amazônia baseado nos conceitos da bioeconomia (FAO, 2018), pois além de sua viabilidade econômica, os sistemas, reduzem impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos e terrestres, diminuem a dependência do produtor de insumos externos, demandam mão de obra ao longo do ano, reduzem o êxodo rural e melhoram a qualidade de vida das famílias (SANGUINO *et al.*, 2007; MICCOLIS *et al.*, 2016).

Com base no exposto, e considerando a importância socioeconômica e ambiental dos Sistemas Agroflorestais para o município de Tomé-Açu e para a Amazônia, este capítulo teve como objetivo: avaliar a viabilidade bioeconômica em sistema agroflorestal para compará-los a outros sistemas de produção. Os SAFs aqui analisados representam a diversidade de sistemas agrícolas que combinam duas ou mais lavouras e uma espécie

florestal em uma mesma unidade de área tanto no município de Tomé-Açu como no Estado do Pará. Trata-se de dois sistemas agroflorestais, aqui nomeados de SAF I composto por açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), cacau (*Theobroma cacao* L.), pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) e uma essência florestal (mogno africano - *Khaya grandifoliola*), e outro denominado de SAF II composto de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e mogno africano (*Khaya grandifoliola*). Os sistemas analisados estão nos anos sete e 19 do ciclo econômico, respectivamente.

4.2 Revisão de literatura

Na perspectiva da bioeconomia ou economia ecológica, os processos econômicos estão fundamentados nos processos biofísicos, ou seja, o sistema econômico é concebido como um subsistema aberto em conexão com um sistema totalizante: o ecossistema global (RODRIGUES; NODA, 2015). Sendo assim, conforme Santana (2020, p.13) a bioeconomia ou economia ecológica “estuda as relações entre os sistemas econômicos e ecológico e os meios para garantir que o desenvolvimento social e econômico possa evoluir de forma sustentável com a utilização dos recursos naturais disponíveis”.

Contudo, o cerne da bioeconomia está na produção, utilização e conservação dos recursos biológicos em todos os setores da economia de forma sustentável. No contexto da sustentabilidade agrícola ela prioriza formas de produção com menor impacto aos ecossistemas e maior aproveitamento da biodiversidade no processo produtivo, de forma a produzir sem necessidade da abertura de novas áreas (FAO, 2019).

Diante dessa ótica bioeconômica, os sistemas agroflorestais são pesquisados por diversos autores (WATANABE; ORTEGA, 2016; VASCONCELOS *et al.*, 2016; MARCILIO-SILVA; MARQUES, 2017; PRETTY, *et al.*, 2018) e apontados como caminho a ser seguido na agricultura rumo a intensificação sustentável. Na proposta paradigmática de Rockström *et al.* (2016) o papel da agricultura rumo a intensificação sustentável é buscar a redução da fome por meio de uma agricultura que conserve a biodiversidade e garanta as funções ecológicas nas paisagens agrícolas. Essa proposta alinha-se aos preceitos de uma bioeconomia para a Amazônia baseada na valorização da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas e cultivo em SAFs de espécies valorizadas economicamente; mantendo a floresta em pé e associando a produção a agroindústria local para agregação de valor (EMBRAPA, 2018).

Nesse contexto, Tomé-açu possui 14.686 hectares cultivados com sistemas agroflorestais de acordo com o último Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2018). Esse município paraense também é referência na produção de pimenta-do-reino e na fruticultura, ambos cultivados, em sua maioria, nos sistemas agroflorestais das propriedades rurais, geralmente protagonizados por produtores da CAMTA (HOMMA, 2016).

De acordo com Santana (2008; 2014) e Santana *et al.* (2015), os SAFs por meio da CAMTA como organização social têm potenciais socioeconômico, ambiental e de rentabilidade superior aos sistemas de monocultivo tradicionais, pois a diversificação dos sistemas gera economia de escopo e a organização social oportuniza a economia de escala dos produtos dos sistemas. Contudo, nos últimos sete anos tem-se observado um crescimento do cultivo de dendê e entrada dos cultivos de soja na região, ainda de forma pouco intensa para a soja (informação verbal fornecida pela direção de gestão ambiental da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, durante visita ao órgão no dia 05/12/2018); essa intensificação do monocultivo na região, sobretudo do dendê, tende a concorrer com as áreas cultivadas com SAFs.

Outra questão importante é que os diversos estudos de viabilidade econômica tradicionais para os SAFs como de Nogueira *et al.* (2005), Barreto *et al.* (2012), Lucena *et al.* (2016), Silva *et al.* (2018), Rocha *et al.* (2018) não contabilizam em seus orçamentos os custos implícitos, a exemplo do custo de oportunidade da terra que consiste na remuneração periódica e perpétua do capital investido nesse recurso por parte do processo produtivo (TIMOFEICZYK JÚNIOR *et al.*, 2007). Não obstante, as análises de viabilidade tradicionais acabam por subestimarem os custos e conseqüentemente superestimarem os resultados econômicos, o que tende a levar o produtor a uma tomada de decisão que pode resultar em inadimplência e descapitalização.

4.3 Material e Métodos

A pesquisa é quantitativa e aplica o método de procedimento monográfico estudo de caso. A área de estudo foi a propriedade rural de um produtor cooperado da CAMTA, no município de Tomé-Açu, em razão de abrigar os sistemas de produção representativos dos demais cooperados. Foram obtidas as tecnologias de produção e demais informações em pesquisa de campo junto ao produtor, à CAMTA e à Comissão da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) no município. Na propriedade foram analisados dois SAFs (SAF I – cacau,

açaí, pimenta-do-reino e mogno e SAF II – cupuaçu, açaí e mogno), um monocultivo de pimenta-do-reino e um consórcio de açaí irrigado com pimenta-do-reino.

A técnica utilizada foi a de observação direta intensiva através de entrevista com o produtor e observação em campo, estruturada com base nas informações necessárias para compor um orçamento unitário para cada um hectare dos cultivos analisados e posterior estruturação do fluxo de caixa para o ciclo de 20 anos dos dois SAFs, do consórcio de açaí irrigado com pimenta-do-reino e de seis anos para o monocultivo da pimenta-do-reino.

As entrevistas foram realizadas nos anos de 2019 e 2020 (no meses de dezembro de 2019 e julho de 2020), totalizando quatro orçamentos unitários. Cada orçamento unitário englobou as contas de **operações técnicas** (preparo de área manual e mecanizado, calagem, piqueteamento, adubação química e orgânica, plantio e replantio, tratos culturais, colheita e beneficiamento); **insumos variáveis** (mudas, piquetes, tutores adubos químicos e orgânicos, fertilizantes, inseticidas, fungicidas, herbicidas, ferramentas e transporte); **custos fixos** (custo de oportunidade da terra, custo de oportunidade pelo pagamento dos serviços ecossistêmicos, juros do capital próprio e pró-labore do produtor, depreciação e manutenção de equipamentos e instalações rurais, assistência técnica, impostos e taxas).

Nesses orçamentos, os custos fixos e variáveis, compuseram as contas dos custos explícitos e os custos de oportunidade dos ativos naturais, serviço do gestor e remuneração do capital próprio integraram as contas dos custos implícitos.

Os custos explícitos, segundo Mankiw (2016) referem-se àqueles que necessitam de desembolso monetário por parte do produtor, estes custos incluem os custos fixos, ou seja, aqueles que não variam conforme a quantidade produzida, a exemplo da depreciação; e, os custos variáveis que são aqueles que variam conforme a quantidade produzida, a exemplo dos gastos com insumos e materiais. Em contrapartida, os custos implícitos são aqueles que não exigem desembolso monetário por parte do produtor, porém são fundamentais em uma análise econômica, pois é nesse aspecto que as análises econômicas diferenciam-se das análises contábeis (MANKIW, 2016; SANTANA, 2020).

Os custos implícitos incluíram os custos de oportunidade dos ativos naturais terra, água e serviços ecossistêmicos fornecidos pelos SAFs, bem como os custos dos juros sobre o capital próprio e remuneração da mão-de-obra do produtor pela atividade gerencial dos SAFs. A não inclusão desses custos superestimam os resultados econômicos, pois contabilizam somente os custos explícitos (contábeis) e, conseqüentemente levam o produtor a uma tomada de decisão equivocada resultando no aumento dos riscos e possibilidade de descapitalização e inadimplência.

Computar os custos de oportunidade dos ativos naturais nos orçamentos unitário é o grande diferencial desta análise bioeconômica, pois a grande maioria não contempla esses custos, sobretudo o custo de oportunidade do pagamento por serviços ecossistêmicos dos SAFs, até então desconhecido, o qual foi estimado em estudo inédito realizado por Oliveira *et al.* (2020) através do Método Integrado de Avaliação Contingente (MIAC) abarcando as dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade na estimativa do valor do ativo.

A soma dos custos gerou o custo econômico dos cultivos e a receita total foi gerada a partir da multiplicação do preço recebido pelo produtor pela quantidade de cada produto colhido.

Os preços dos produtos e insumos utilizados foram considerados em nível de fazenda, para os períodos de safra e entressafra. Os preços recebidos pelo produtor decorrente da venda dos produtos que geraram a receita total foram oriundos da média dos preços praticados na época do pico de safra em nível de fazenda. Por outro lado, os preços pagos pelos produtores pelos insumos geraram o custo total de produção, que é definido na entressafra (GITTINGER, 1995; SANTANA, 1995; SANTANA, 2005; 2020).

O custo de oportunidade do solo (CO terra) foi o valor estimado do arrendamento aplicando uma taxa de 8% sobre o preço de mercado da terra, valor compatível com a média do valor presente líquido anualizado das atividades rurais praticadas na região, preço traduzido pela fertilidade do solo e sua localização geográfica em relação aos mercados e a logística de transporte (SANTANA *et al.*, 2014). O custo de oportunidade da água (CO água) foi estimado com base no preço médio do serviço de abastecimento rural e urbano para a mesorregião Nordeste Paraense (BARROS *et al.*, 2018).

O custo de oportunidade do pagamento pelos serviços ecossistêmicos dos SAFs (CO Serviços Ecossistêmicos) foi estimado a partir do Método Integrado de Avaliação Contingente - MIAC, aplicado na valoração de ativos naturais e serviços ecossistêmicos dos SAFs de Tomé-Açu por Oliveira *et al.* (2020).

1.1.2 Indicadores de viabilidade bioeconômica

As análises de viabilidade bioeconômica dos SAFs foram feitas com aplicação dos critérios do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Relação Benefício-Custo ($R_{b/c}$) das atividades. A taxa de desconto utilizada nas análises foi de 10% a.a, por ser a mais alta taxa de juros para investimento de longo prazo dos fundos constitucionais, nesse caso para região norte (FNO), operado pelo Banco da Amazônia (CNI, 2011).

O Valor Presente Líquido (VPL) consiste no critério de atualização do fluxo de caixa líquido futuro para o presente. A interpretação do VPL, quando a taxa de juros reflete o custo de oportunidade do capital, representa o valor atual dos benefícios gerados por um investimento e, quando o seu cálculo apresenta valores maiores que zero, diz-se que o projeto apresenta viabilidade econômica (SANTANA, 2005; 2020), matematicamente o cálculo do VPL é dado pela equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^T \left(\frac{RT_t - CT_t}{(1+r)^t} \right) = \sum_{t=0}^T \frac{RL_t}{(1+r)^t} \quad (18)$$

Em que: VPL é o valor presente líquido do Sistema de produção; RT é a receita total do SAF no ano t ; CT é o custo total do SAF no ano t ; r é a taxa de juros anual, aplicada na atualização temporal dos valores de receitas e custos e que representa o custo de oportunidade dos sistemas rurais alternativos; RL é a receita líquida do SAF no ano t ; T é o período dos sistemas, em anos.

Além do VPL utilizou-se também o Valor Presente Uniforme (VPU) que corresponde a uma outra forma de apresentar a viabilidade na qual o VPL é transformado em um fluxo de resultados em uma anuidade constante. O VPU é calculado da seguinte forma:

$$VPU = VPL \times \left[\frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} \right] \quad (19)$$

Em que VPU é o valor presente uniforme, VPL é o valor presente líquido, r é a taxa de juros e t é o número de anos do empreendimento. O VPL concentra os valores do fluxo de caixa em um único montante no ano zero e o VPU transforma este valor em uma série anual uniforme. Com isto, pode-se comparar investimentos com ciclos de maturação diferentes. Também oferece ao gestor uma visualização dos retornos gerados a cada ano.

A orientação para decisão é que somente as atividades com $VPU > 0$ devem ter continuidade.

A TIR também foi utilizada na avaliação da viabilidade bioeconômica dos sistemas. De acordo com Santana (2005; 2020) um empreendimento será considerado economicamente viável se a TIR for superior a uma dada taxa de juros i que é tomada como comparação para refletir o custo de oportunidade do capital. O objetivo da análise é determinar a TIR quando os fluxos de receitas se igualam aos fluxos de custos, tornando o VPL nulo. Sendo assim a TIR pode ser expressa da seguinte forma:

$$\sum_{t=0}^T \frac{RT_t - CT_t}{(1 + TIR)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{RL_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (20)$$

Em que: TIR é a taxa interna de retorno; N é o período do empreendimento, em anos.

Por fim, a Relação Benefício-Custo (Rb/c) do empreendimento agrícola dos SAFs, que é dado pela razão entre o valor atualizado das rendas brutas obtido com a comercialização dos produtos do sistema e o valor atualizado dos custos totais, descontados a uma taxa de juros, durante os anos da vida útil do sistema de produção. Na interpretação dos valores da Rb/c valores superiores a 1,0 indicam que os benefícios do sistema de produção superam os custos (SANTANA, 2005; 2020). A Relação benefício custo (Rb/c) é expressa:

$$Rb/c = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{RT_t}{(1 + r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{CT_t}{(1 + r)^t}} \quad (21)$$

Em que: Rb/c é a relação entre o benefício-custo; RT é a receita total; CT é o custo total; r é a taxa de juros anual; T é o tempo útil do empreendimento.

1.1.3 Simulação sobre o efeito do risco climático nos indicadores de viabilidade dos sistemas produtivos

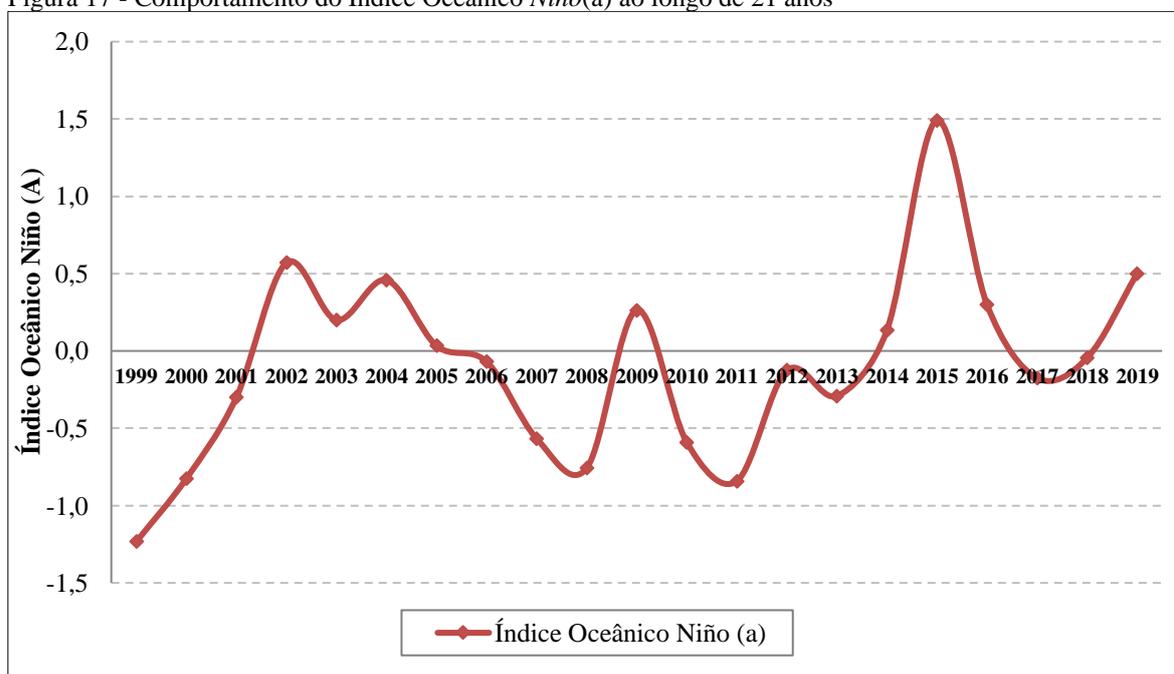
A distribuição da precipitação pluviométrica constitui-se em um fator fundamental na análise de viabilidade da produção agrícola tanto no município de Tomé-Açu, como em outros locais, pois essa distribuição reflete diretamente na receita líquida dos sistemas produtivos.

De acordo com Santana *et al.* (2015) e Santana (2021) a irregularidade das chuvas, seja por excesso ou por escassez nas fases críticas dos ciclos produtivos, pode comprometer a produtividade e conseqüentemente a receita líquida dos produtores. Ainda, segundo Santana *et al.* (2015) e Santana (2020) esse risco climático deve ser levado em conta pois a redução na produtividade tende a se prolongar por dois ou mais anos.

As irregularidades na precipitação estão associadas as anomalias de temperatura que provocam aquecimento ou resfriamento superficial das águas do Oceano Pacífico. Ao aquecimento denomina-se fenômeno *El Niño* e ao resfriamento fenômeno *La Niña* (MARCUSO; ROMERO, 2013). As anomalias de temperatura são identificadas através do Índice Oceânico *Niño* (a) - ION que corresponde a uma média móvel de três meses, sendo assim quando o ION for maior que 0,5 o período é caracterizado como *El Niño* e quando o índice for menor que -0,5 o período é caracterizado como *La Niña* (NWS/CPC, 2020).

O *El Niño* produz seca e *La Niña* produz cheias, nos últimos 21 anos ocorreram três eventos de intensidade fraca para o *El Niño* (anos de 2002, 2004 e 2019), ou seja, o ION esteve entre 0,5 e 0,9 e um evento de intensidade forte (ano de 2015), onde o ION se enquadrava na faixa de maior ou igual a 0,5. Por outro lado, para *La Niña* houve um evento moderado (1999) e cinco eventos de intensidade fraca (2000, 2007, 2008, 2010 e 2011). A Figura 17 exibe os eventos de *El Niño* e *La Niña* e suas intensidades ao longo de 21 anos.

Figura 17 - Comportamento do Índice Oceânico *Niño*(a) ao longo de 21 anos

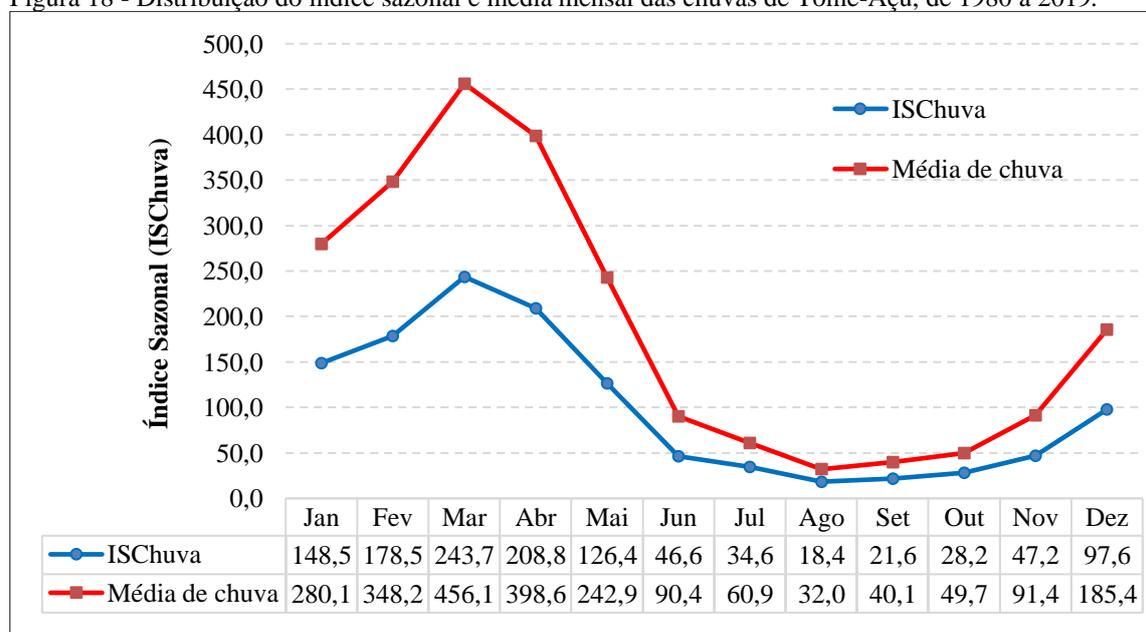


Fonte: elaborado pela autora com base em NWS/CPC (2020).

As chuvas no município de Tomé-Açu de acordo com Índice Sazonal de chuvas ao longo do período de 1980 a 2019, baseado nos dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), comportam-se distintamente entre os períodos. No período de janeiro a maio tem-se o chamado inverno amazônico com as maiores precipitações nos meses de abril e maio e os meses de junho a dezembro tem-se o verão amazônico com as menores precipitações, sobretudo no mês de agosto. O valor 100 do índice sazonal representa a média de chuvas que corresponde a distribuição regular ao longo do ano; portanto valores do índice acima de 100 mostram os meses de concentração de chuvas, o que na presença de *La Niña* pode representar excessos de água prejudicial para a produtividade agrícola. Por outro lado, valores do índice sazonal abaixo de 100, correspondem aos meses de seca que na presença de *El Niño* moderado ou forte, potencializa a escassez de água para as lavouras (Figura 17).

Nos meses de maior chuva, abril e maio, ocorrem os maiores níveis pluviométricos e quando este período coincide com a *La Niña* as precipitações podem alcançar níveis muito elevados, deixando os solos encharcados e potencializando o aparecimento de pragas que prejudicam os cultivos. Em contrapartida no período de menor precipitação (meses de junho a dezembro) quando combinado com fenômenos de *El Niño* a qualquer intensidade (fraco, moderado ou forte) tem-se a intensa escassez de água e consequentemente perdas de produtividade (Figura 18).

Figura 18 - Distribuição do índice sazonal e média mensal das chuvas de Tomé-Açu, de 1980 a 2019.



Fonte: Elaborado a partir dos dados de ANA (2020).

Assim exposto, para avaliar o risco climático na receita líquida dos SAFs, devido ao excesso ou escassez de chuvas, admitiu-se que o comportamento do Índice Oceânico *Niño* (a) se repetiu ao longo do ciclo econômico dos sistemas, conforme visualizado na figura 16, e que o efeito sobre os sistemas foi a diminuição em 25% da receita para do ano 5 e 10% do ano 6 do ciclo econômico (período de floração e formação dos frutos), provocada por evento de *El Niño* de intensidade forte, tal como ocorreu no ano de 2015.

4.4 Resultados e Discussão

4.4.1 Caracterização das principais culturas que compõem os SAFs de Tomé-Açu

As principais culturas dos SAFs de Tomé-Açu, conforme apontado anteriormente (KONAGANO *et al.*, 2016) e tratadas nesse capítulo são açaí, cacau, pimenta-do-reino e cupuaçu. O açaí, cupuaçu e cacau representam as lavouras permanentes de maior expressão econômica da Amazônia com valor da produção de R\$ 3,15 bilhões e R\$ 1,05 bilhão, respectivamente para o ano de 2018 (IBGE, 2020).

O açaí, uma das culturas de maior destaque das lavouras permanentes e também cultivada em SAFs, anteriormente era enquadrada somente como produto do extrativismo na várzea amazônica, a partir de 2015 o IBGE passou a enquadrá-la também como lavoura permanente devido a expansão de áreas cultivadas e manejadas de açaí tanto na várzea como em terra-firme com sistema de irrigação. Atualmente o açaí corresponde ao principal produto das lavouras permanentes e coloca o estado do Pará na posição de maior produtor nacional, com 1,47 milhões de toneladas produzidas, área colhida de 188.015 hectares e valor de produção de 3,34 bilhões para o ano de 2019 (IBGE, 2020).

O município de Tomé-Açu ocupa a 6^o posição de produtor de açaí no estado do Pará e dos 3.050 estabelecimentos agropecuários do município de Tomé-Açu, 952 estabelecimentos cultivam o açaí (IBGE, 2018) dos quais contribuíram para o ano de 2019 com 46.636 toneladas produzidas e 128,2 milhões em valor bruto da produção (IBGE, 2020). Os cacauzeiros sempre foram plantados em SAFs, pois requerem associação com outras culturas, dada a necessidade de sombreamento tanto no seu estabelecimento como na sua fase produtiva.

No município de Tomé-Açu, 21,3% dos estabelecimentos agropecuários cultivam o cacau, totalizando para 2019, 2.773 toneladas produzidas, R\$ 19,678 milhões em valor da produção e 3.770 hectares de área colhida, colocando o município em 14^o produtor de

cacau no estado e 34º no Brasil (IBGE, 2020). Em 2018, o cacau produzido nos sistemas agroflorestais de Tomé-Açu recebeu a Indicação Geográfica de procedência pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI que reconheceu o conhecimento tácito, a tradição e cultura dos cultivos de cacau em SAFs na região (informação verbal fornecida por responsável pela CEPLAC no município Tomé-Açu, durante a visita ao órgão no dia 14/11/2018).

A pimenta-do-reino tem mercado amplo, forte ocupação de mão de obra local e retorno econômico, sobretudo pelos bons preços de mercado da amêndoa de cacau (SANTANA, 2014). A pimenta-do-reino é originária da Índia e foi introduzida em 1933 pelos imigrantes japoneses em Tomé-Açu (HOMMA, 2004; HOMMA; MENEZES; BARROS, 2014; HOMMA, 2016). Em relação ao ano de 2018, o município possui 67% dos 3050 estabelecimentos agropecuários com cultivo de pimenta-do-reino e lidera o cultivo no estado do Pará, em quantidade produzida; já no contexto nacional, Tomé-Açu ocupa a 4º colocação, em quantidade produzida (IBGE, 2020). Ainda com base em 2018, a pimenta-do-reino gerou R\$ 238,72 milhões (IBGE, 2020). Suas safras ocorrem da seguinte forma: açaí- meses de julho a dezembro, cacau - novembro a março e pimenta-do-reino – junho a novembro (informação verbal fornecida pelo produtor rural, durante a visita à sua propriedade no dia 12/12/2019). No ano de 2019, a quantidade produzida foi de 5.000 t, totalizando R\$ 31,25 milhões em valor da produção (IBGE, 2020). O cultivo da pimenta-do-reino em SAFs além de apresentar retorno econômico, possibilita o uso intensivo de mão-de-obra e garante as primeiras entradas econômicas no sistema até a estabilização dos ciclos econômicos das demais culturas consorciadas, geralmente cacau e açaí.

O cupuaçu tem nos estados do Amazonas e Pará os líderes da produção nacional em valor da produção, com R\$16,65 milhões e R\$16,19 milhões respectivamente (IBGE, 2018). Sua safra ocorre nos meses de outubro a junho (informação verbal fornecida por produtor rural, durante visita à sua propriedade no dia 12/12/2019).

Todas as culturas cultivadas nos SAFs analisados possuem um ciclo econômico de 20 anos, exceto a pimenta-do-reino que passou a possuir um ciclo de 6 anos em função da incidência da fusariose (doença típica dos pimentais da Amazônia, causada pelo fungo *Fusarium*) (HOMMA, 2016).

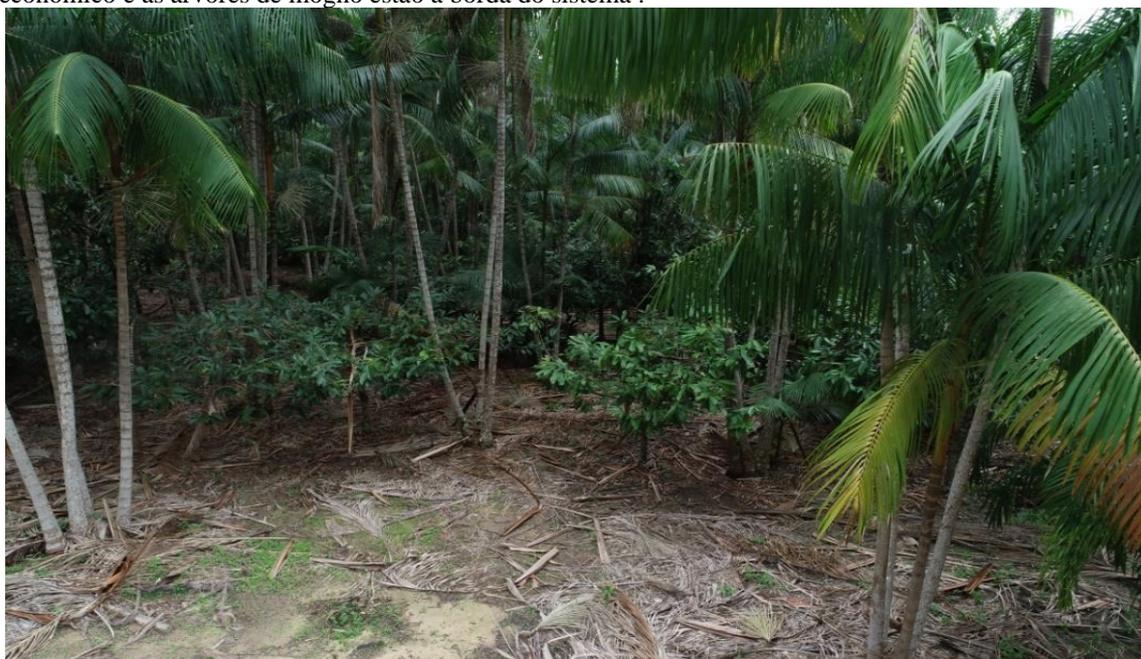
Além das lavouras permanentes pontuadas acima, a componente florestal também é indispensável na composição dos SAFs, sendo a espécie florestal mogno africano uma das mais utilizadas no município. O mogno possui mercado nacional e internacional e pode ser cortado e sua madeira comercializada ao 20º ano do seu ciclo econômico.

Toda a dinâmica produtiva e ganhos econômicos dos SAFs pode ser alterado dependendo do arranjo estrutural do sistema, ou seja, das culturas escolhidas para integrá-lo. Sendo assim, faz-se necessário a avaliação de viabilidade bioeconomia desses sistemas produtivos para fornecer subsídios ao produtor no momento da escolha da atividade e/ou arranjo estrutural do sistema agroflorestal a ser adotado.

4.4.2 Avaliação de viabilidade bioeconômica dos sistemas produtivos

Para o alcance de produtividade do SAF I, composto por cacau, açaí, pimenta-do-reino e mogno africano (Figura 19) foram plantados 1675 pés/hectare de pimenta-do-reino no espaçamento 2x2; 825 pés/hectare de cacau no espaçamento 3x4; 268 pés/hectare de açaí (6x6) e 32 pés de mogno africano bordejando o sistema no espaçamento 18x18. A pimenta inicia sua produção no ano 1, o açaí e o cacau iniciam no ano 3 e por fim o mogno pode ser cortado no ano 20 do ciclo econômico.

Figura 19 - Modelo de SAF I (composto por cacau, açaí, pimenta-do-reino e mogno africano), na imagem são visíveis os açazeiros, cacauzeiros, e, neste caso a pimenta-do-reino já havia completado seu ciclo econômico e as árvores de mogno estão a borda do sistema .



Fonte: Gilmara Maureline Teles da Silva de Oliveira (2020).

Já para o alcance de produtividade do SAF II composto de cupuaçu, açaí e mogno africano (Figura 20) foram plantados 289 pés/ha de cupuaçu no espaçamento 6x6; 81 pés/ha de açaí no espaçamento 12x12 e 36 pés/ha de mogno africano (18x18). O cupuaçu inicia sua produção no ano 3 juntamente com o açaí e por fim o mogno pode ser cortado no ano 20 do ciclo econômico, tal como o SAF I.

Figura 20 - Modelo de SAF II (cupuaçu, açaí e mogno africano), na imagem são visíveis os açazeiros e o cupuaçuzeiros.



Fonte: Gilmara Maureline Teles da Silva de Oliveira (2020).

A composição dos custos e receitas, bem como os valores de produção para os SAFs I e II (cupuaçu, açaí e mogno africano) ambos implantados no ano zero são expressos nos orçamentos unitários nas Tabelas 12 e 13 abaixo. Para ambos os SAFs, os valores de produção, custos e receitas para os anos (1-3 e 4-7) são a média de cada período. Esses orçamentos contendo os custos e receitas são a base para a composição dos fluxos de caixa, portanto abarcaram os custos explícitos e implícitos da atividade produtiva que somados correspondem ao custo econômico total da referida atividade.

Analisando-se os custos do modelo de SAF I, o custo de implantação de um hectare foi de R\$ 34.919,20 dos quais quase 80% foram gastos com insumos e materiais (R\$ 21.933,45) e preparo de área (R\$ 6.710,00).

Para o ano zero do SAF I os custos explícitos e implícitos representaram 93,04% (R\$ 32.487,45) e 6,96% (R\$ 2.431,75) respectivamente do custo econômico total. Neste ano o item de custo explícito mais representativo foi o gasto com insumos e materiais; e dos custos implícitos foi o pró-labore pago ao produtor. A medida que se avança no ciclo econômico do SAF I até a estabilização da produção, os custos implícitos passam a representar um percentual maior do custo econômico total, haja vista que o custo dos juros sobre capital próprio que para o SAF I foi de R\$ 3.491,92 integram-se aos custos de oportunidade da terra e do pagamento por serviços ecossistêmicos (Tabela 12).

Tabela 12 - Orçamento unitário para implantação de um ha de SAF I (pimenta-do-reino, cacau, açaí e mogno africano), Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00)

Discriminação	Ano zero	Ano1-3	Anos 4-7	Ano 8-19	Ano 20
Custos explícitos	32.487,45	11.042,03	17.038,29	17.717,07	17.717,07
Implantação do SAF	34.919,20	-	-	-	-
Preparo de área	6.710,00	-	-	-	-
Tratos culturais e colheita	2.350,00	2.566,66	5.762,50	6.600,00	6.600,00
Insumos e materiais	21.933,45	5.528,66	7.685,25	7.735,00	7.735,00
Assistência técnica	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Contabilidade rural	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00
Depreciação e manutenção	-	1.295,00	1.295,00	1.295,00	1.295,00
Energia elétrica	265,00	268,5	270,25	270,25	270,25
Impostos e taxas	54,00	146,55	771,54	566,82	566,82
Transporte interno	-	61,66	78,75	75,00	7 5,00
Custos Implícitos	2.431,75	5.923,67	5.923,67	5.923,67	5.478,67
Juros sobre capital próprio	-	3.491,92	3.491,92	3.491,92	3.491,92
Pró-labore ao produtor	1.045,00	1.045,00	1.045,00	1.045,00	600,00
CO Terra (solo)	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
CO Serviços Ecosistêmicos	736,75	736,75	736,75	736,75	736,75
Custo Econômico	34.919,20	16.965,70	22.961,96	23.640,74	23.195,74
Receita Total	-	8.141,67	42.863,63	31.490,00	74.610,00
Receita Líquida	-34.919,20	-8.824,03	19.901,67	7.849,26	51.414,26

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Os valores dos anos 1-3 e 4-7 são médias dos custos e receitas. V. U. = valor unitário. Capital próprio = 10% sobre o investimento feito na implantação do SAF. No ano 20, adicionou-se a receita de R\$ 43.120,00 (R\$ 1.347,50x32 árvores), relativa ao mogno africano.

No modelo de SAF I do ano 4 ao 7 do seu ciclo econômico a receita líquida alcança o valor de R\$19.901,67 que corresponde ao maior valor antes do incremento de receita oriunda do corte do mogno no ano 20. O maior valor de receita líquida do ano 4 ao 7 com relação aos demais anos, exceto para o ano 20, deve-se ao fato de que neste período ocorre a sobreposição de receitas oriundas de todas as culturas do modelo.

Os custos de oportunidade do ativo natural solo e do pagamento por serviços ecosistêmicos o SAF I representaram 57% dos custos implícitos e aproximadamente 4% dos custos totais. A contabilização desses custos nos orçamentos leva o produtor a uma escala sustentável de produção, com diminuição de externalidade ambientais negativas como erosão do solo, poluição da água, poluição do ar e desmatamento das florestas.

A estabilização do SAF I ocorre no ano 8 do seu ciclo econômico, nesta fase os custos explícitos corresponderam a 75% do custo econômico total e os custos implícitos aos 25% restantes do custo econômico total. Nessa fase do ciclo a receita líquida permanece no valor de R\$ 7.849,26 até o ano 19 e finalmente no ano 20 com o corte do mogno, essa receita líquida chega ao valor de R\$ 51.414,26.

Quanto a ocupação de mão-de-obra para este SAF, ao se considerar que um emprego equivale a um homem trabalhando 280 dias no ano (NEVEN, 2015), tem-se que a cada 2,12 ha do modelo de SAF I gera-se um emprego durante 13 anos.

Estes aspectos avaliados com base nas dimensões ambiental, econômica e social do desenvolvimento sustentável, evidenciam a multifuncionalidade dos SAFs, pois na dimensão ambiental conseguem promover a biodiversidade e fornecer serviços ecossistêmicos através do cultivo de várias espécies em uma mesma unidade de área, ao passo que na dimensão econômica são responsáveis pela geração de receita aos produtores e na dimensão social são intensivo em mão-de-obra gerando empregos para a população local.

O SAF II composto de cupuaçu, açaí e mogno africano no ano de sua implantação (ano 0) teve custo econômico total no valor de R\$ 10.285,05, dos quais R\$ 7.853,30 foram custos explícitos e os R\$ 2.431,75 restantes foram custos implícitos. Neste modelo de SAF, o item de custo explícito mais elevado no ano zero foi relacionado ao preparo de área e aos tratamentos culturais no valor de R\$ 4.515,00, seguido de R\$ 1.844,30 relacionado ao gasto com insumos e materiais. Assim como no SAF I, o SAF II teve nos itens de pró-labore pago ao produtor e nos juros sobre o capital próprio os valores mais elevados dos itens que compuseram os custos implícitos.

Na composição do SAF II os custos de oportunidade do ativo natural solo e do pagamento por serviços ecossistêmicos representaram 57% dos custos implícitos e 13,5% do custo econômico total e assim como no SAF I a inclusão desses custos de oportunidades levam a conservação e implementação de sistemas de produção sustentáveis, uma vez que, sua exclusão da contabilidade leva o produtor rural a produzir em escala superior ao que deveria ser produzido para a sustentação da eficiência socioeconômica e ambiental (Tabela 13).

Tabela 13 - Orçamento unitário para implantação de um ha de SAF II (cupuaçu, açaí e mogno africano), Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00)

Discriminação	Ano zero	Ano1-3	Anos 4-7	Ano 8-19	Ano 20
Custos explícitos	7.853,30	6.702,56	7.003,02	7.042,24	7.917,92
Implantação do SAF	10.285,05	-	-	-	-
Preparo de área; tratos culturais e colheita	4.515,00	1.200,00	1.400,00	1.400,00	1.400,00
Insumos e materiais	1.844,30	2.653,26	2.544,00	2.544,00	2.544,00
Assistência técnica	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Contabilidade rural	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00
Depreciação e manutenção	-	1.295,00	1.295,00	1.295,00	1.295,00
Energia elétrica	265,00	268,5	270,25	270,25	270,25
Impostos e taxas	54,00	60,8	246,27	280,49	1153,67
Transporte interno	-	50	72,5	77,50	80,00
Custos Implícitos	2.431,75	3.460,25	3.460,25	3.460,25	3.460,25
Juros sobre capital próprio	-	1.028,50	1.028,50	1.028,50	1.028,50
Pró-labore ao produtor	1.045,00	1.045,00	1.045,00	1.045,00	1.045,00
CO Terra (solo)	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
CO Serviços Ecosistêmicos	736,75	736,75	736,75	736,75	736,75
Custo Econômico	10.285,05	10.162,81	10.463,27	10.502,49	11.378,17
Receita Total	0	4.134,50	13.681,88	15.582,50	64.092,50
Receita Líquida	-10.285,05	-6.028,31	3.218,61	5.080,01	52.714,33

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: Os valores dos anos 1-3 e 4-7 são médias dos custos e receitas. V. U. = valor unitário. Capital próprio = 10% sobre o investimento feito na implantação do SAF. No ano 20, adicionou-se a receita de R\$ 48.510,00 (R\$ 1.347,50 x 36 árvores), relativa ao mogno africano.

No ano de estabilização do modelo de SAF II a receita líquida chegou ao valor de R\$ 5.080,01 mantendo-se até o ano 19. Finalmente no ano 20, ao final do ciclo, com o corte do mogno africano a receita líquida sobe para o valor de R\$ 52.714,33. Com relação ao número de empregos tem-se que a cada 10 ha de cultivo do modelo de SAF II são gerados dois empregos.

Em ambos os SAFs, as receitas dos anos 1-3 não foram suficientes para cobrir os custos. Portanto, os SAFs apresentaram saldo negativo, que vai sendo compensado a medida que a produção vai aumentando ao longo do ciclo econômico das lavouras de cada sistema, tornando a receita líquida positiva a partir do ano 3. Assim, os fluxos de receita total gerados pelos SAFs foram suficientes para cobrir os custos explícitos e implícitos atualizados a partir do quarto ano, o que assegura viabilidade bioeconômica e social dos sistemas.

Com relação ao monocultivo da pimenta-do-reino, seu custo econômico total na implantação foi de R\$ 24.508,88, dos quais R\$ 22.813,88 foram custos explícitos e os demais R\$1.695,00 foram itens dos custos implícitos. O item de custo mais elevado para

esse cultivo no ano zero foi relacionado ao gasto com insumos e materiais que representou mais de 90% do custo de implantação (Tabela 14).

Tabela 14 - Orçamento unitário para implantação de um ha de monocultivo da pimenta-do-reino, Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00)

Discriminação	Ano zero	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4-6
Custos explícitos	22.813,88	6.325,25	6.249,50	7.438,50	8.942,83
Implantação do plantio	24.508,88	-	-	-	-
Preparo de área	5.210,00	-	-	-	-
Tratos culturais e colheita	2.350,00	2.800,00	1.780,00	1.750,00	2.166,66
Insumos e materiais	14.944,88	3.216,00	4.126,00	5.101,00	5.882,66
Assistência técnica	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
Contabilidade rural	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Energia elétrica	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00
Impostos e taxas	54,00	29,25	58,5	292,5	588,51
Transporte interno	-	25,00	30,00	40,00	50,00
Custos Implícitos	1.695,00	3.288,08	3.288,08	3.288,08	3.288,08
Juros sobre capital próprio	-	1.593,08	1.593,08	1.593,08	1.593,08
Pró-labore ao produtor	1.045,00	1.045,00	1.045,00	1.045,00	1.045,00
CO Terra	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
Custo Econômico Total	24.508,88	9.613,33	9.537,58	10.726,58	12.230,91
Receita Total	-	1.625,00	3.250,00	16.250,00	32.695,00
Receita Líquida	-24.508,88	-7.988,33	-6.287,58	5.523,42	20.464,09

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Nota: Os valores dos anos 4-6 são médias dos custos e receitas. V. U. = valor unitário. Capital próprio = 10% sobre o investimento feito na implantação do cultivo.

A receita líquida desse plantio permanece negativa até o ano 2 após sua implantação, chegando do ano 4 ao ano 6 no valor de R\$ 20.464,09. Com relação a ocupação de mão-de-obra nesse pimental, tem-se que a cada 6,46 ha gera-se um emprego por 3 anos.

Ao analisarmos o consórcio de açaí irrigado com pimenta-do-reino, o custo econômico total no ano zero referente a sua implantação foi de R\$ 39.468,69, dos quais aproximadamente 93% foram custos explícitos cujos itens de custos mais elevados foram relacionados aos gastos com insumos e materiais, no valor de R\$ 15.069,69 e na implantação do sistema de irrigação no valor de R\$ 13.050,00 (Tabela 15).

Tabela 15 - Orçamento unitário para implantação de um ha do consórcio entre açaí irrigado e pimenta-do-reino, Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00)

Discriminação	Ano zero	Ano1-3	Anos 4-7	Ano 8-20
Custos explícitos	36.798,69	8.535,55	8.434,78	8.096,25
Implantação do Consórcio	39.468,69	-	-	-
Preparo de área	5.960,00	-	-	-
Implantação do sistema de irrigação	13.050,00	-	-	-
Tratos culturais e colheita	2.350,00	2.133,33	-	-
Insumos e materiais	15.069,69	4.458,67	5.904,25	5.901,00
Assistência técnica	105,00	105,00	105,00	105,00
Contabilidade rural	85,00	85,00	85,00	85,00
Depreciação e manutenção	-	1.295,00	1.295,00	1.295,00
Energia elétrica	125,00	268,5	270,25	270,25
Impostos e taxas	54,00	126,75	685,28	360,00
Transporte interno	-	63,3	90,00	80,00
Custos Implícitos	2.670,00	6.611,47	6.611,47	6.611,47
Juros sobre capital próprio	-	3.941,47	3.941,47	3.941,47
Pró-labore ao produtor	1.045,00	1.045,00	1.045,00	1.045,00
CO Terra	650,00	650,00	650,00	650,00
CO Água	975,00	975,00	975,00	975,00
Custo Econômico Total	39.468,69	15.147,02	15.046,25	14.707,72
Receita Total	-	7.041,67	38.071,25	20.000,00
Receita Líquida	-39.468,69	-8.105,35	23.025,00	5.292,28

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Os valores dos anos 1-3, 4-7 e 8-20 são médias dos custos e receitas. V. U. = valor unitário. Capital próprio = 10% sobre o investimento feito na implantação do consórcio.

A receita líquida do consórcio alcançou maior valor do ano 4 ao ano 7 e estabilizou-se a partir do ano 8 no valor de R\$ 5.292,28. Quanto a ocupação de mão-de-obra nesse cultivo tem-se que são necessários 3,94 ha para gerar um empregos por 13 anos.

Os custos implícitos desse sistema de consórcio no ano zero totalizaram R\$ 2.670,00 cujo valor representou 6,76% do custo econômico total. Os itens de custos implícitos de maior valor foram o Pró-labore pago ao produtor (R\$ 1.045,00) e o custo de oportunidade da água (R\$ 975,00), haja vista a utilização do sistema de irrigação. A partir do ano 1 os custos implícitos passam a representar aproximadamente 43,65% do custo econômico total (R\$ 6.611,47).

O custo de oportunidade da terra são inseridos em poucas análises tradicionais, como na pesquisa de Sanguino *et al.* (2007) no município de Tailândia, nordeste paraense, para o sistema composto de pimenta-do-reino, cupuaçu, mogno e maracujá, e para o sistema de açaí, cacau e mogno e mais recente a de Viana *et al.* (2020) que avaliou a viabilidade econômica do cultivo de açaí irrigado no nordeste paraense.

Ao passo que poucas pesquisas abarcam somente o custo de oportunidade da terra como custo implícito, outras pesquisas em SAFs no estado do Pará não contabilizam nenhum dos custos implícitos incluídos nessa pesquisa e fundamentais para a análise econômica. Estudos, estes como de Rocha *et al.* (2018), ainda no nordeste paraense, município de Santa Izabel que analisaram o SAF composto de Paricá, cupuaçu e mandioca; Silva *et al.* (2018) que analisaram o SAF composto por mogno, açaí, cacau, melancia, feijão e banana no município de Breu Branco, no sudeste do estado, e Lucena *et al.* (2016) no município de Altamira, oeste paraense para uma composição de SAF.

O valor total dos custos de oportunidade dos ativos naturais ar, água e solo foi de R\$1.386,75/ha e deveriam ser apropriados por produtores que utilizam esses ativos de forma sustentável, evitando assim a geração de passivos ambientais irrecuperáveis, resultado de atividades tradicionais de monocultivo de lavouras e pecuária extensiva.

Outrossim a não inclusão dos custos destes ativos, bem como os custos implícitos do capital próprio e do trabalho do produtor no fluxo de caixa não direciona adequadamente a tomada de decisão e potencialmente intensifica a degradação dos ativos naturais pelas atividades florestais e agropecuárias. Sendo assim, a análise de viabilidade na perspectiva bioeconômica pode fazer a diferença na conservação dos SAFs, na expansão da atividade agrícola de forma sustentável com a utilização eficiente dos ativos, e também na agregação de vantagem competitiva no âmbito da competitividade sistêmica dos empreendimentos rurais.

Os indicadores de viabilidade bioeconômica VPL , TIR e $R_{b/c}$ dos SAFs I e II foram gerados a partir das três últimas linhas do orçamento unitário expressos nas tabelas 1 e 2 para os referidos sistemas. Este fluxo representado nas Tabelas 8 e 9 para os SAFs I e II contemplam o custo econômico, a receita total e a receita líquida atualizadas a uma taxa 10% ao ano que representou o custo de oportunidade do capital do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) para investimentos de longo prazo.

Com a aplicação da taxa de juros na atualização do fluxo de caixa dos SAFs, os valores de custos e receitas se tornam diferentes a cada ano. Sendo assim para o SAF I (pimenta-do-reino, cacau, açaí e mogno africano) o VPL foi de 55.297,42/ha em valores do ano zero de implantação do sistema. Este valor corresponde a um Valor Presente Uniforme (VPU) de R\$ 4.303,44/ha ao ano. Os valores positivos de VPL indicam que a atividade é viável do ponto de vista bioeconômico com a receita total maior que os custos totais, considerando os custos de oportunidade do capital aplicado de 10% ao ano e os custos de oportunidade dos ativos naturais (Tabela 16).

A taxa interna de retorno para o SAF I foi de 20,35% ao ano, e esta taxa indica o retorno máximo ao investimento aplicado no sistema; é a taxa que torna o $VPL=0$ e iguala a receita total aos custos totais. Desse modo, como a TIR do SAF I foi superior a taxa de juros de 10% ao ano adotada como custo de oportunidade do capital, tem-se que o sistema gerou receita total suficiente para cobrir o custo total e ainda gerar um retorno líquido de 10,35% ao ano, o que ratifica a viabilidade bioeconômica desse sistema. Ainda com relação ao SAF I, a relação benefício-custo ($R_{b/c}$) foi superior a 1 ($R_{b/c}=1,3$) indicando que a receita total atualizada foi superior aos custos totais atualizados a taxa de 10% ao ano. Este valor mostra que a cada 1,00 investido no SAF I, ao final de 20 anos, tem-se um retorno bruto de 1,3 ou um retorno líquido de 0,3 (Tabela 16).

Tabela 16 - Fluxo de caixa do modelo de SAF I (pimenta, cacau, açaí e mogno africano), Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00).

Ano	Custo Total	Receita Total	Receita Líquida
0	R\$ 34.654,20	-	-R\$ 34.654,20
1	R\$ 15.624,42	R\$ 1.625,00	-R\$ 13.999,42
2	R\$ 15.273,67	R\$ 3.250,00	-R\$ 12.023,67
3	R\$ 16.024,07	R\$ 19.550,00	R\$ 3.525,93
4	R\$ 21.219,10	R\$ 43.885,00	R\$ 22.665,90
5	R\$ 17.710,22	R\$ 48.859,50	R\$ 31.149,28
6	R\$ 19.313,40	R\$ 53.425,00	R\$ 34.111,60
7	R\$ 17.901,88	R\$ 25.285,00	R\$ 7.383,12
8	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
9	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
10	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
11	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
12	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
13	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
14	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
15	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
16	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
17	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
18	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
19	R\$ 18.848,57	R\$ 31.490,00	R\$ 12.641,43
20	R\$ 18.848,57	R\$ 74.610,00	R\$ 55.761,43

Valor Presente Líquido: VPL = R\$ 55.297,42
Taxa Interna de Retorno: TIR = 20,35%
Relação Benefício-Custo: $R_{b/c} = 1,30$

Fonte: Dados da pesquisa.

O SAF II (cupuaçu, açaí e mogno africano) teve um VPL de 22.756,21 que em *VPU* corresponde, ao final de 20 anos, a um valor médio anual de 2.672,94/ha do sistema. Esse sistema apresentou viabilidade bioeconômica com $VPL>0$, e em consonância com os

demais critérios, pois foi a TIR foi de 18,3% ao ano, maior que a taxa de 10% ao ano adotada como custo de oportunidade do capital investido; e obteve $R_{b/c}$ no valor de 1,26. Sendo assim o SAF II também gerou receita total suficiente para cobrir os custos totais e ainda gerar um retorno líquido de 8,3%, e a cada real investido neste sistema, ao final de 20 anos, é gerado um retorno bruto de 1,26 ou 0,26 líquido (Tabela 17).

Tabela 17 - Fluxo de caixa do modelo de SAF II (cupuaçu, açaí e mogno africano), Tomé-Açu, estado do Pará, 2020. (Valores em R\$ 1,00).

Ano	Custo Total	Receita Total	Receita Líquida
0	R\$ 12.024,16	-	-R\$ 12.024,16
1	R\$ 8.134,66	-	-R\$ 8.134,66
2	R\$ 8.683,28	R\$ 4.134,50	-R\$ 4.548,78
3	R\$ 8.104,50	R\$ 7.980,00	-R\$ 124,50
4	R\$ 8.624,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.958,16
5	R\$ 8.624,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.958,16
6	R\$ 8.624,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.958,16
7	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
8	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
9	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
10	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
11	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
12	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
13	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
14	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
15	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
16	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
17	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
18	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
19	R\$ 8.619,34	R\$ 15.582,50	R\$ 6.963,16
20	R\$ 9.175,00	R\$ 46.452,50	R\$ 37.277,50

Valor Presente Líquido: VPL = R\$ 22.756,21
Taxa Interna de Retorno: TIR = 18,3%
Relação Benefício-Custo: $R_{b/c}$ = 1,26

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados atestam viabilidade bioeconômica para ambos os SAFs analisados, que mantém esses resultados desde que as condições de clima, mercado e preço permaneçam estáveis

Por outro lado ao analisarmos os indicadores de viabilidade para o monocultivo da pimenta-do-reino e do consórcio de açaí irrigado com pimenta-do-reino temos que o VPL para ambos foi de R\$ 3.383,18 e R\$ 6.653,78 respectivamente. Esses valores mostram que

os cultivos também são viáveis, com TIR>10% no valor de 12,15% para o monocultivo da pimenta e 12% para o consorcio de açaí irrigado com a pimenta-do-reino. Com relação a $R_{b/c}$ os valores foram todos maiores que 1, sendo 1,02 para o monocultivo da pimenta e 1,04 para o consórcio, o que atestou a viabilidade de ambos (Tabela 18a,b).

Tabela 18 - Fluxo de caixa para o monocultivo da pimenta-do-reino (a), e fluxo de caixa do consórcio de açaí irrigado com pimenta-do-reino (b).

Ano	Custo Total	Receita Total	Receita Líquida
0	R\$ 28.048,44	-	-
1	R\$ 9.609,82	R\$ 1.625,00	-R\$ 7.984,82
2	R\$ 9.534,07	R\$ 3.250,00	-R\$ 6.284,07
3	R\$ 10.723,07	R\$ 16.250,00	R\$ 5.526,93
4	R\$ 12.644,08	R\$ 32.695,00	R\$ 20.050,92
5	R\$ 11.894,08	R\$ 32.695,00	R\$ 20.800,92
6	R\$ 12.144,08	R\$ 32.695,00	R\$ 20.550,92
Valor Presente Líquido: VPL = R\$ 3.383,18			
Taxa Interna de Retorno: TIR = 12,15%			
Relação Benefício-Custo: Rb/c = 1,02			

(a)

Fonte: Dados da pesquisa.

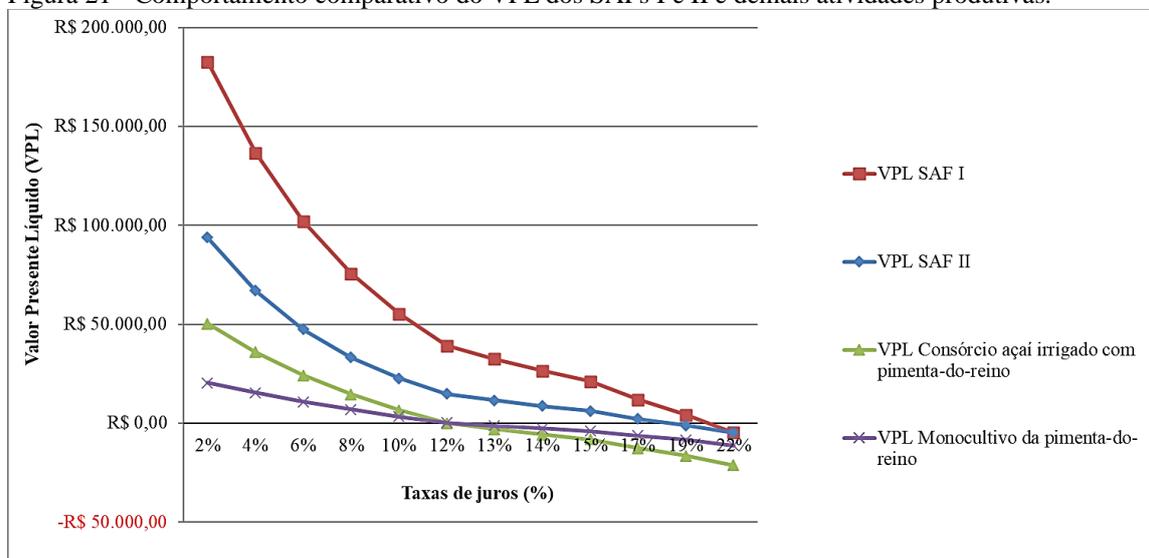
Ano	Custo Total	Receita Total	Receita Líquida
0	R\$ 39.468,69	-	-R\$ 39.468,69
1	R\$ 14.137,22	R\$ 1.625,00	-R\$ 12.512,22
2	R\$ 13.386,47	R\$ 3.250,00	-R\$ 10.136,47
3	R\$ 13.432,47	R\$ 16.250,00	R\$ 2.817,53
4	R\$ 16.637,83	R\$ 36.895,00	R\$ 20.257,17
5	R\$ 17.009,23	R\$ 42.695,00	R\$ 25.685,77
6	R\$ 17.561,48	R\$ 52.695,00	R\$ 35.133,52
7	R\$ 15.438,97	R\$ 20.000,00	R\$ 4.561,03
8	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
9	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
10	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
11	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
12	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
13	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
14	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
15	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
16	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
17	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
18	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
19	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
20	R\$ 16.762,72	R\$ 20.000,00	R\$ 3.237,28
Valor Presente Líquido: VPL = R\$ 6.653,78			
Taxa Interna de Retorno: TIR = 12,0%			
Relação Benefício-Custo: Rb/c = 1,04			

(b)

Em uma análise comparativa entre os SAFs (I e II) e os outros sistemas de produção avaliados (monocultivo da pimenta-do-reino e o consórcio entre açaí irrigado e pimenta-do-reino) tem-se que a medida que a taxa de juros diminui os sistemas produtivos se diferenciam e os SAFs tendem a manter-se com VPLs superiores à medida que a taxa aumenta, mostrando a resiliência bioeconômica desses sistemas (Figura 21).

Quando adotada a taxa de 6,75% que consiste na taxa para empreendedores individuais e microempreendedores e que nessa análise representa a taxa de atratividade para os sistemas agroflorestais, o VPL do SAF II é quase mais que o dobro do VPL do consórcio que nesse caso foi a segunda atividade mais atrativa depois dos SAFs. Já com relação ao SAF I, para a mesma taxa, o VPL foi mais de quatro vezes maior que o VPL do consórcio de açaí irrigado com pimenta-do-reino.

Figura 21 - Comportamento comparativo do VPL dos SAFs I e II e demais atividades produtivas.



Fonte: Dados da pesquisa.

Com base no *VPLU* obtido dos fluxos de caixa de cada atividade tem-se que *VPU* do SAF I (R\$ 4.303,44.ha⁻¹) > *VPU* do SAF II (R\$ 2.672,94.ha⁻¹) > *VPU* do consórcio (R\$ 781,55.ha⁻¹) > *VPU* do monocultivo de pimenta-do-reino (R\$ 776,80.ha⁻¹). Esses valores mostraram que o SAF I gera mais de quatro vezes o valor anual que o monocultivo da pimenta e por um período três vezes mais longo; já o SAF II gera mais de duas vezes o valor anual do monocultivo da pimenta e do consórcio de açaí irrigado com pimenta.

Esses resultados representam um desempenho econômico superior dos SAFs, fruto da combinação de várias atividades em uma mesma unidade de área, o que contribui para a racionalização da mão-de-obra ao longo do tempo, diminuição do uso de insumos

químicos, controle da erosão e conseqüentemente menor perda de nutrientes do solo que geram redução do custo médio e aumento de produtividade.

Notadamente a produção em SAFs gera maior retorno econômico do que os cultivos em consórcio de açaí irrigado com pimenta e monocultivo da pimenta, demonstrado pelos indicadores *VPL*, *TIR* e *R_{b/c}*. Muitos estudos de viabilidade em monocultivos, apresentam altas taxas de retorno, porém, dentre outros aspectos, não incluem os custos implícitos na composição dos orçamentos unitários e conseqüentemente acabam por superestimar os resultados.

Dentre esses estudos elenca-se os de Viana *et al.* (2020) que incluindo somente o custo da terra como custo implícito, encontraram uma *TIR* de 20% ao ano para o açaí irrigado; já para o cacau consorciado com espécies florestais e outras frutíferas no estado do Pará, município de Altamira, Lucena *et al.* (2016) obtiveram uma *TIR* de 255% ao ano. Para a pimenta-do-reino, Cardoso *et al.* (2018) encontraram uma *TIR* de 46% a.a. para um ciclo de quatro anos no município de Tomé-Açu. Com relação aos sistemas agroflorestais, Sanguino *et al.* (2007) obtiveram uma *TIR* de 36% para um SAF no nordeste paraense, incluindo o custo de oportunidade da terra; Silva *et al.* (2018) encontraram uma *TIR* de 28% para um SAF contendo açaí, mogno e cacau no sudeste do Pará; Rocha *et al.* (2018), no Nordeste Paraense, município de Santa Izabel tiveram uma *TIR* de 26% para um SAF composto de Paricá, cupuaçu e mandioca. Contudo o que há em comum em todos esses estudos, conforme Santana (2021), é a não inclusão dos custos de oportunidade dos ativos naturais, o que tende a subestimar os custos e superestimar as receitas, o que enviesam os indicadores econômicos gerando muitos efeitos negativos relacionados a uma decisão equivocada por parte do produtor, culminando no uso ineficiente da terra, do crédito, dos insumos e da mão-de-obra.

Quanto ao cenário proposto para a avaliação do impacto do risco climático nos SAFs, a quebra de safra com diminuição de 25% e 10% da receita líquida para os anos 5 e 6 respectivamente, causaria para o SAF I a diminuição no *VPL* de R\$ 55.687,76 para R\$ 45.086,58, na *TIR* de 20,46% para 19% e *R_{b/c}* de 1,3 para 1,2. Já para o SAF II ocorreria a diminuição do *VPL* de R\$ 23.189,50 para R\$19.891,03, na *TIR* de 18,6% para 17,6% e *R_{b/c}* de 1,27 para 1,23.

Diante o exposto, percebeu-se que a alteração na distribuição pluviométrica tende a refletir no desempenho dos SAFs e pode ser mais severa para o monocultivo da pimenta-do-reino, o qual no mesmo cenário proposto teve uma diminuição de *VPL* de R\$ 3.383,18 para R\$ 1.490,81, *TIR* de 12,15% para 11,4% e *R_{b/c}* de 1,05 para 1,02. Levando-se em

consideração que este fenômeno climático ocorreu dez vezes nos últimos 21 anos, provocando excesso ou escassez de chuvas é necessário que o produtor faça um seguro agrícola para salvaguardar seu investimento desse risco climático.

4.5 Conclusões

Os SAFs analisados mostraram maior retorno bioeconômico que os sistemas de monocultivo da pimenta-do-reino e o consórcio de açaí irrigado com a pimenta-do-reino. Nessa análise os custos implícitos, principalmente os custos de oportunidade dos ativos naturais água, solo e serviços ecossistêmicos foram fundamentais para nortear a produção em escala sustentável de forma a conservar os ecossistemas aquáticos e terrestres.

O SAFI, composto por pimenta-do-reino, cacau, açaí e mogno africano, apresentou maior retorno bioeconômico e inclusão de mão de obra do que os demais sistemas.

A simulação do impacto da escassez de chuvas sobre a receita líquida e os demais indicadores de viabilidade, refletindo o risco climático, causou diminuição da receita e aumento nas taxas de juros, e mostrou que os SAFs sofreram menor impacto nos indicadores econômicos comparados aos demais sistemas, cujo impacto foi mais severo no monocultivo da pimenta-do-reino, evidenciando uma maior resistência dos sistemas agroflorestais a cenários adversos como os aqui propostos.

Esse conjunto de resultados evidenciou um desempenho econômico superior dos SAFs, com racionalização da mão-de-obra, diminuição do uso de insumos químicos, controle da erosão, menor perda de nutrientes do solo, resultando em redução do custo médio e aumento de produtividade.

O retorno bioeconômico, a inclusão social e a sustentabilidade ambiental dos SAFs revelou potencial para viabilizar uma trajetória de desenvolvimento local sustentável. A utilização desses agroecossistemas mostrou-se um importante elemento de promoção dessa forma de desenvolvimento na Amazônia, pois além de seu desempenho econômico, pode contribuir para a estruturação de cadeias de valor inclusivas e sustentáveis, com forte impacto na melhoria da qualidade de vida das populações locais.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Séries Históricas de Estações**: hidroweb v3.1.1. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas. Acesso em: 15 abr. 2020.
- BARRETO, E. D. L., CRISLON, R. C. S., VIEIRA, V. H. G., PENA, H. W. A. Análise de viabilidade econômica: um estudo aplicado a estrutura de custo da cultura do açaí no estado do Amazonas. **Observatorio de la Economía Latino Americana**, n. 161, p. 1–17, 2012.
- BARROS, K. F. G.; SANTANA, A. C.; MARTINS, C. M.; CAMPOS, P. S. S. Valor da água virtual de hortaliças comercializada em Benevides-PA. **Nucleus** (Ituverava), v. 15, p. 9-24, 2018.
- BUENO, C. R.; GOMES, A. R.; CLEMENT, C. R.; ADAMI, M.; XAUD, H. A. M.; XAUD, M. R.; MARTINS, M. B.; COELHO, A. dos S. Bioma Amazônia: oportunidades e desafios de pesquisa para produção de alimentos e outros produto. In: **Biomass e agricultura**: oportunidades e desafios. VILELA, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. (Org.). Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. 304p.
- CARDOSO, M. S. P.; GARCIA, W. S.; SILVA, I. M. Viabilidade econômica da produção de pimenta-do-reino em pequena escala no município de Tomé-Açu (PA). **Revista Gestão em Conhecimento**, v.1, n.1, p. 97-112, 2018.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **FNO, FNE e FNO – Fundos Constitucionais de Financiamento**. Brasília: CNI, 2011.
- EMPRESA AGROPECUÁRIA DO BRASIL. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p. Disponível em: embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829 . Acesso em: 21 abr. 2019.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2018**. Santiago: FAO, OPS, WFP, UNICEF, 2018. 133p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The Outlook for Agriculture and Rural Development in the Americas: A Perspective on Latin America and the Caribbean 2019-2020**. ECLAC, FAO, IICA. – San Jose, C.R.: IICA, 2019. 144 p.
- GITTINGER, J. P. **Economic analysis of agricultural projects**. London: The Johns Hopkins University Press, 1995.

HOMMA, A. K. O. Dinâmica dos sistemas agroflorestais: o caso da Colônia Agrícola de Tomé-Açu, Pará. **Revista Instituto de Estudos Superiores da Amazônia**, v.2, p.57-65, 2004.

HOMMA, A.K.O. **A imigração japonesa na Amazônia: sua contribuição ao desenvolvimento agrícola**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 255p.

HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; BARROS, A. V. L. Dinâmica dos sistemas Agroflorestais nipo-brasileiros no município de Tomé-Açu. In: HOMMA, A. K. O. (ed.). **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, economia, ecologia e domesticação**. Brasília: Embrapa, 2014. 468p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**: Tomé-Açu. Brasília: IBGE, 2018. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tome-acu/pesquisa/24/27745. Acesso em: 12 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal 2018**: Pará. Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/pesquisa/24/76693. Acesso em: 07 ago. 2020.

KONAGANO, M.; SUGAYA, C.; SANTOS, D. A.; SÁ, N. M.; MOURA, M. S.; SILVA, P. P. da. Sistemas Agroflorestais de Tomé-Açu, Pará – SAFTA. In: **Anais... X Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais – Cuiabá**: SBSAF: Embrapa Agrossilvipastoril: UFMT: SEMA-MT: SEAF – MT: EMPAER-MT: UNEMAT: ONG Grupo Semente, 2016. Disponível em: tmeventos.com.br/agrof2016/pdfs/Resumo_palestra_mesa_redonda2_Michinori_Konagano.pdf. Acesso em: 14 jul 2019.

LUCENA, H. D.; PARAENSE, V. C.; MANCEBO, C. H. A. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestral com cacau e essências florestais de alto valor comercial em Altamira-Pa. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.8, p. 73-84, n.1, 2016.

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

MARCILIO-SILVA, V.; MARQUES, M. C. M. New paradigms for Atlantic Forest agriculture and conservation. **Biodiversity**, v. 18, n. 4, p. 201-205, 2017.

MARCUZO, F. F. N.; ROMERO, V. Influência do *El Niño* e *La Niña* na precipitação máxima diária do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 429-440, 2013.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. RODRIGUES; VIEIRA, D. L. M.; ARCOVERDE; M.F., HOFFMANN; M. RIGON; PEREIRA, ABILIO V. B. **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, 266 p.

NATIONAL WETHER SERVICE/CLIMATE PREDICTION CENTER. **2020**. NWS/CPC: 2020. Disponível em: origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml#composite. Acesso em: 16 dez. 2020

NEVEN, D. **Desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles: principios** rectores. Roma: FAO, 2015.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIREDO, F. J.; MÜLLER, A. A. (Ed.) **Açaí**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

OLIVEIRA; G. M. T. S.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, E. S.; SILVA, R. J.; SANTOS, W. A. S.; SANTANA, A. L.; COSTA, V. C. N. The Value of Agroforestry Ecosystem Services Provided in Rural Communities in the Eastern Amazon (Tomé-Açu – PA, Brazil). **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 4, p. 203-216, 2020.

PINDYCK, R.; RUBINFELD, D.L. **Microeconomics**. 2. ed. Macmillan, 1992.

PRETTY, J.; BENTON, T. G.; BHARUCHA, Z. P.; DICKS, L. V.; FLORA, C. B.; GODFRAY, H. C. J.; GOULSON, D.; HARTLEY, S.; LAMPKIN, N.; MORRIS, C.; PIERZYNSKI, G.; PRASAD, P. V. V.; REGANOLD, J.; ROCKSTRÖM, J.; SMITH, P.; THORNE, P.; WRATTEN, S. Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. **Nature Sustainability**, v.1, n. 8, p. 441-446, 2018. Disponível em: doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0. Acesso em: 14 mar. 2019.

ROCHA, A. S. S.; BRITO, S. C.; SILVA, I. M.; DE PAULA, M. T.; SOUSA, B. S. N. Viabilidade econômica em Sistema Agroflorestral no município de Santa Izabel do Pará, PA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 15, n. 27, p. 155-166, 2018.

ROCKSTRÖM, J., WILLIAMS, J., DAILY, G.; NOBLE, A.; MATTHEWS, N.; GORDON, L.; WETTERSTRAND, H.; DECLERCK, F.; SHAH, M.; STEDUTO, P.; FRAITURE, C.de; HATIBU, N.; UNVER, O.; BIRD, J.; SIBANDA, L.; SMITH, J. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. **Ambio**, n.46, p. 4–17, 2017. Disponível em: doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6. Acesso em: 12 jun. 2018.

RODRIGUES, P. M. de A; NODA, S. do N. Desenvolvimento, sociedade e natureza: a viabilidade de modelos sócio-produtivos amazônicos. **Somanlu**, a.15, n. 1, jan./jul. 2015.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R.; BERGER, B.; SOUSA, R. A. T. de M.; SILVA, V. S. de M. Custo de Oportunidade da Terra no Manejo de baixo impacto em florestas tropicais – um estudo de caso. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007. Disponível em: dx.doi.org/10.5380/rf.v37i3.9929. Acesso em: 14 maio 2018.

SANGUINO, A. C.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; BARROS, P. L.C.; KATO, O. K.; AMIN, M. M. G. H. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais no Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias** (Belém), n. 47, p. 71-88, 2007.

SANTANA, A. C. **Bioeconomia aplicada ao agronegócio**: mercado, externalidades e ativos naturais. Piracanjuba-GO: Editora Conhecimento Livre, 2020.

SANTANA, A. C. Cadeias produtivas setoriais e o curso do desenvolvimento local na Amazônia In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Org.) **Agricultura Tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa, 2008. p. 275-291.

SANTANA, A. C. **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local**. Belém: GTZ; TUD; UFRA, 2005.

SANTANA, A. C. Manual de elaboração e avaliação de projetos de investimentos rurais. **Estudos Setoriais**, 1. Belém-PA: BASA; FCAP, 1995.

SANTANA, A. C. **Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia**. Belém, PA: UFRA, 2014.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L; GOMES, S. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; NOGUEIRA, A. K. M.; OLIVEIRA, C. M.; SANTOS, M. A. S. Evidências do mercado de produtos da pequena produção na região da Transamazônica e BR-163 no estado do Pará. **Revista de Estudos Sociais**, v.17, p.186 - 215, 2015.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, Á. L. A dinâmica do mercado de terras nos estados do Maranhão, Pará e Tocantins In: SANTANA, A. C. **Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia**. Belém, PA: UFRA, v.1, p. 21-40, 2014.

SILVA, A. S. O.; OLÍMPIO, S. C. M.; SARGES, S. G.; ALMEIDA, W. L. L.; PARAENSE, V. C. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestral no município de Breu Branco – PA. *Revista de Geografia e Interdisciplinaridade – Interesse*, v. 4, n. 13, p. 169-183, 2018.

SILVA, I. C. **Sistema Agroflorestais**: conceitos e métodos. Itabuna: SBSAF, 2013. 308p.

VARELA, L. B.; SANTANA, A. C. Aspectos econômicos da produção e do risco nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola em Tomé-Açu: 2001 a 2003. **Revista Árvore**, v. 33, p.151-160, 2009.

VASCONCELOS, A. Í. T.; GARCIA, E. A. da R.; FURTADO, C.F.C.; CABRAL, J. E. de O. As dimensões da sustentabilidade dos Sistemas Agroflorestais–SAFs: um estudo no Projeto de Reflorestamento Consorciado e Adensado–RECA, Ponta do Abunã–RO. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, 2016.

VIANA, L. F.; HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; SANTOS, J. C.; FARIAS NETO, J. T. Viabilidade econômica do cultivo de açaizeiro (*Euterpe Oleracea mart.*) irrigado no nordeste paraense. **International Journal of Development Research**, v. 10, n. 8, p. 39177-39182, 2020. Disponível em: 10.37118/ijdr.19655.08.2020. Acesso em: 12 nov. 2020.

WATANABE, M. D. B.; ORTEGA, E.. Dynamic energy accounting of water and carbon ecosystem services: A model to simulate the impacts of land-use change. **Ecological Modelling**, v. 271, p. 113-131, 2014.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto do desafio colocado para a Amazônia de como utilizar os seus recursos naturais, culturais, econômicos e institucionais com vistas ao alcance de uma transformação produtiva que não priorize somente o crescimento econômico, mas que busque também a melhoria da distribuição de renda, a potencialização dos recursos e agentes locais e a conservação dos recursos naturais, a valoração dos SAFs apresenta-se como valioso instrumento de ação e indução desse processo.

Esses agroecossistemas implantados no município de Tomé-Açu mostraram-se alinhados com as perspectivas da sustentabilidade em todas as suas dimensões. Na dimensão econômica mostraram maior geração de renda, produtividade e resistência a cenários adversos (como oscilação climática e aumento nas taxas de juros) comparados a outras formas de cultivos agrícolas. Na dimensão ambiental os SAFs apresentaram maior potencial de conservação dos solos, através da redução dos processos erosivos, causando menores impactos nos solos e recursos hídricos do que os plantios em monocultivos. Além disso esses sistemas são tidos pela população do município como fundamentais na manutenção do seu bem-estar e qualidade de vida, através da oferta de seus serviços ecossistêmicos. E finalmente na dimensão social, os sistemas são intensivos em mão-de-obra, oportunizando um maior número de empregos a população ao longo do ano.

Portanto, nesse contexto a valoração socioeconômica e ambiental do ativo SAF instrumentaliza políticas públicas de estímulo a adoção desses agroecossistemas, como o pagamento por serviços ecossistêmicos aos agentes produtivos. Essa iniciativa oportuniza a capitalização dos produtores em SAFs, gerando renda no território e atraindo investimentos para os sistemas produtivos que irão propiciar a melhoria na qualidade de vida da população, aumento das oportunidades de emprego com o desenvolvimento de sistemas agrícolas ancorados nas três dimensões da sustentabilidade.

Todo esforço de valoração socioeconômica e ambiental desta pesquisa de tese se deu com vistas a orientar a transformação produtiva da agricultura na Amazônia através de sistemas agroflorestais cujos resultados econômicos, sociais e ambientais apontam como uma alternativa sustentável na capitalização de produtores por meio do pagamento por serviços ambientais, já previsto nas diretrizes da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, Lei nº 14.119 de 14 de Janeiro de 2021, em seu art 5º, inciso III que coloca o pagamento por serviços ambientais como instrumento de promoção do

desenvolvimento social, ambiental, econômico e cultural em áreas rurais, urbanas e de produtores rurais, como no caso dessa pesquisa.

Contudo, dada a recente aprovação da referida lei, ainda não há métrica monetária para nortear a política de pagamento, portanto as estimativas de valoração dos serviços ecossistêmicos ofertados pelos SAFs de propriedades rurais do município de Tomé-Açu, e expostas em cada capítulo desta tese podem instrumentalizar metodologicamente a aplicação da recém-aprovada Lei nº 14.119 de 14 de Janeiro de 2021 (BRASIL, 2021).

Além disso, tendo em vista que as tecnologias de implantação, manejo e conservação dos sistemas agroflorestais de Tomé-Açu são conhecidas e os produtos das lavouras estão inseridos nas cadeias globais de alimentos, esses sistemas são fundamentais como ferramenta de indução do desenvolvimento local sustentável.

5.1. Sugestões e desafios

Na perspectiva de poder contribuir para a definição de estratégias de facilitação do processo de desenvolvimento local sustentável através dos benefícios econômicos, sociais e ambientais dos sistemas agroflorestais, principalmente frente as mudanças institucionais, destacam-se algumas oportunidades e/ou potencialidades na definição de diretrizes de atuação em curto, médio e longo prazo, visando orientar o processo de desenvolvimento local e sustentável através da transformação produtiva da agricultura da Amazônia por meio dos sistemas agroflorestais:

- a) Disseminar a implantação de sistemas agroflorestais na Amazônia em suas múltiplas formas, pois trata-se do sistema de uso da terra mais antigo da Amazônia;
- b) Reconhecer e potencializar o fato de que a produção em sistemas agroflorestais é um instrumento de conservação e recuperação de áreas florestais;
- c) Investir no potencial do mercado de serviços ecossistêmicos, sobretudo para os sistemas agroflorestais na Amazônia, de forma a considerar a totalidade dos serviços ecossistêmicos que refletem no bem-estar humano e não somente aqueles relacionados aos estoques e emissões de carbono;
- d) Reconhecer o ativo natural dos SAFs como garantia para acesso ao crédito destinado a recuperação de passivos ambientais nas propriedades e ao

- aprimoramento de tecnologias sustentáveis, dando oportunidade aos produtores de alavancarem seus processos produtivos de forma racional;
- e) Garantir renda específica aos produtores com sistemas agroflorestais, através de programas de pagamento por serviços ambientais para garantir a manutenção dos sistemas produtivos com boa logística de produção e comercialização dos produtos das lavouras que compõe os SAFs;
 - f) Considerar a importância da organização social e assistência técnica nas atividades produtivas dos imóveis rurais, tal como a função exercida pela CAMTA no município de Tomé-Açu, levando em consideração que o conhecimento local do produtores deve ser reconhecido e potencializado;
 - g) Aperfeiçoar o fato da maioria dos sistemas agroflorestais serem implantados tradicionalmente pelas comunidades e da existência de mão de obra local, melhorando a ocupação e renda para a população local, evitando o êxodo rural ou a migração para outras atividades consideradas mais rentáveis;
 - h) Estimular a criação de agroindústria local que possam beneficiar a produção das lavouras, podendo agregar valor ao seu produto e aumento na apropriação de valor;
 - i) Promover parcerias entre os agentes das cadeias produtivas das lavouras dos SAFs para impulsionar o desenvolvimento de boas práticas no manejo dos sistemas agroflorestais, diferenciando os preços pagos nos produtos oriundos de boas práticas desenvolvidas na propriedade;
 - j) Aplicar e aprimorar metodologias de valoração dos serviços ecossistêmicos de ampla aplicação e de aceitação técnica e científica, tal como as proposta nessa tese, para monitorar, verificar e certificar os projetos de pagamento por serviços ecossistêmicos;
 - k) Fortalecer as parcerias incentivando o intercâmbios de trocas de experiências entre as entidades (IBAMA, ICMBio, INCRA, CONAB, SECTI, SEMAS, SAGRI, Universidades, ONG's, cooperativas, dentre outras) na região, auxiliando as comunidades, produtores rurais, empresas na organização/comercialização dos produtos cultivados em sistemas agroflorestais;

Neste cenário, por fim, é importante considerar que os plantios em sistemas agroflorestais são uma das formas mais antigas de uso da terra na Amazônia, e no caso de Tomé-Açu, com adaptações japonesas, tem sido responsável pelo desenvolvimento do município nas últimas décadas, representando uma das formas de “se fazer agricultura”

mais importantes na região e, por existirem poucas políticas de fomento e acesso ao crédito para os produtores rurais, somado ao contínuo avanço dos monocultivos na região, reforça-se ser imprescindível o apoio governamental na implementação de políticas de acesso ao crédito tendo como aval os serviços ecossistêmicos fornecidos por esses ativos com vistas ao incentivo do mercado de serviços ambientais dos agroecossistemas na Amazônia, resultando em melhorias contínuas das atividades e processos nos plantios configurando-se em reflexos positivos para o desenvolvimento local e sustentável e sustentabilidade das cadeias produtivas das lavouras que compõe os sistemas.

5.2 Limitações da pesquisa e dificuldades encontradas

Dadas às características próprias e o desenho que se propôs à pesquisa, qual seja, o estudo de caso; as discussões e conclusões apresentadas representam a realidade dos sistemas agroflorestais de Tomé-Açu estudado, não podendo generalizar suas considerações a qualquer tipo de SAF. No entanto, com base nas aplicações apresentadas, sua natureza exploratória e analítica permitiu avançar em novas descobertas e enfatizar multiplicidades de dimensões dos problemas pesquisados. Nesta perspectiva, considera-se importante que as estratégias da pesquisa apresentadas, bem como os métodos de valoração possam vir a ser aplicados a outros sistemas agroflorestais na Amazônia de forma a conhecer seus aspectos intrínsecos, o que nos faz vislumbrar um grande campo para estudos futuros.

Quanto as dificuldades encontradas na pesquisa, a principal consistiu no fato de que a maioria dos produtores rurais, não estavam acessíveis para a disponibilização dos dados sobre as receitas e custos dos seus sistemas produtivos. Além disso, o contexto de pandemia global ao qual estamos inseridos, impediu o aumento da malha amostral para coleta de solos, análises laboratoriais e entrevistas com produtor. Este contexto pandêmico vitimizou inclusive um dos cooperados da CAMTA, cuja propriedade estava inserida nessa pesquisa. Ao produtor Tomoki Arai faço meu agradecimento *in memoriam* pela disponibilidade e presteza em contribuir com essa pesquisa de tese e por acreditar nos sistemas agroflorestais como o futuro para a agricultura na Amazônia.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE PESQUISA

FORMULÁRIO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DE VALORAÇÃO DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE TOMÉ-AÇU - SAF

NÚMERO DO QUESTIONÁRIO: _____

I. IDENTIFICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Nº do questionário: _____.

Data da entrevista: ____/____/201__.

Local da entrevista: () Cidade _____; () Vila _____; () Comunidade; () Fazenda

Nome do entrevistado: _____

Fone: () _____. E-mail: _____

II. IDENTIFICAÇÃO E SITUAÇÃO SOCIOECONÔMICA DO ENTREVISTADO

1. Informe o sexo

1.1 () Masculino; 1.2 () Feminino

2. Informe a idade em anos _____.

3. Informe o nível de educação

3.1 () Fundamental incompleto; 3.2 () Fundamental completo; 3.3 () Médio incompleto;

3.4 () Médio completo; 3.5 () Superior incompleto; 3.6 () Superior completo

3.7 () Especialização; 3.8 () Mestrado; 3.9 () Doutorado

4. Informe o estado civil

4.1 () Solteiro; 4.2 () Casado; 4.3 () Viúvo; 4.4 () Vive junto; 4.5 () Outro: _____

5. Informe o número de pessoas da família:

5.1 Total: _____; 5.2 Homens: _____; 5.3 Mulheres: _____; 5.4 Crianças: _____

6. Informe sobre o tempo em que vive no local, em anos: _____

7. Informe o seu local de origem

7.2 () Paraense de outro local; 7.3 () De outro estado 7.4 () De outro país

8. Informe a sua atividade principal como fonte de renda

8.1 () Produtor rural; 8.2 () Extrativista; 8.3 () Empresário; 8.4 () Funcionário público

8.5 () Autônomo; 8.6 () Empregado de empresa 8.7 () Outro: _____

9. Indique a faixa de sua renda em número de salários mínimos por mês (SM = R\$ 954,00/mês) e, depois, posicione o valor na média (RM), acima da média (RM+) ou abaixo da média (RM-):

Faixa de renda do entrevistado	Média (R\$)	Faixa	RM	RM+	RM-
9.1 Menos de 1 SM (R\$ 0,00 a R\$ 953,99)	477,00	()			
9.2 De 1 SM a menos de 2 SM (R\$ 954,00 a R\$ 1.907,99)	1.431,00	()			
9.3 De 2 SM a menos de 3 SM (R\$ 1.908,00 a R\$ 2.861,99)	2.385,00	()			
9.4 De 3 SM a menos de 5 SM (R\$ 2.862,00 a R\$ 4.769,99)	3.816,00	()			
9.5 De 5 SM a menos de 10 SM (R\$ 4.770,00 a R\$ 9.539,99)	7.155,00	()			
9.6 De 10 SM a menos de 25 SM (R\$ 9.540,00 – R\$ 23.849,99)	16.695,00	()			
9.7 De 25 SM a menos de 40 SM (R\$ 23.850,00 a R\$ 38.159,99)	31.005,00	()			
9.8 De 40 SM a 60 SM (R\$ 38.160,00 a R\$ 57.240,00)	47.700,00	()			

III. ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO

No município de Tomé-Açu os SAFs são formados por cultivo de pimenta-do-reino, cacauzeiro, açazeiro e cupuaçuzeiro, combinados entre si e/ou com espécies frutíferas e florestais.

APRESENTAR FOTOS DE ÁREA DE SAF NO MUNICÍPIO AO ENTREVISTADO. Nesse contexto, e tendo em vista seu conhecimento de uso da terra com lavouras, pastagem e extrativismo, responda às seguintes questões:

10. Os Sistemas Agroflorestais de Tomé-Açu, além dos benefícios econômicos, produzem qualidade ambiental e conservação dos recursos naturais da flora e fauna amazônica, produzindo diversos

serviços ecossistêmicos como: manutenção da biodiversidade, qualidade das águas, recuperação de áreas degradadas, conforto térmico, manutenção da fertilidade do solo e melhoria de sua qualidade, entre outros. Além de ser uma alternativa de desenvolvimento agrícola mais sustentável para o ecossistema amazônico é também um atrativo turístico do município. Assim, caso você concorde com os itens listados abaixo sobre os benefícios dos sistemas de agroflorestais de Tomé-Açu diga, com base em seu entendimento, o grau de importância que esses sistemas representam para você e o bem-estar que geram para sua família e para a população.

Condições ecológicas e ambientais dos SAFs	Sim	Baixo	Médio	Alto	Não
<u>10.1 Os SAFs geram conforto térmico.</u>					
<u>10.2. Os SAFs geram emprego e renda para a população do município.</u>					
<u>10.3 A paisagem dos sistemas semelhante a uma floresta lhe é atrativa</u>					
<u>10.4Os SAFs contribuem para a melhoria da qualidade de vida no município.</u>					
<u>10.5O SAFs são importantes para melhorar a imagem do município.</u>					
<u>10.6As espécies madeireiras raras contidas nos SAFs ajudam a conscientizar sobre a conservação.</u>					
<u>10.7Os SAFs são importantes para a educação ambiental.</u>					
<u>10.8. A beleza natural dos SAFs representa um atrativo para o turismo.</u>					
<u>10.9. Os SAFs valorizam o imóvel rural.</u>					
<u>10.10. Os SAFs podem contribuir para a recuperação de áreas degradadas.</u>					
<u>10.11. A diversidade de culturas garante a estabilidade econômica, assegurando renda ao produtor ao longo do ano.</u>					
<u>10.12. Os SAFs de Tomé-Açu garantem a soberania alimentar.</u>					
<u>10.13. Os SAFs, como os adotados em Tomé-Açu são uma estratégia agrícola de uso sustentável da terra na Amazônia.</u>					
<u>10.14. Os SAFs promovem a redução do uso de fertilizantes e adubos químicos.</u>					
<u>10.15. Os SAFs reduzem a perda de solo por erosão.</u>					
<u>10.16. Os SAFs reduzem a utilização de agrotóxicos e a incidência de pragas.</u>					
<u>10.17. A utilização de SAFs estimula a preservação e/ou conservação da floresta e recomposição da biodiversidade.</u>					
<u>10.18. Os SAFs ajudam na proteção de bacias hidrográficas</u>					
<u>10.19. Os SAFs podem ser utilizados na recuperação de pastos degradados.</u>					
<u>10.20 Outro:</u>					

IV. CARACTERÍSTICAS - VALORAÇÃO DO SAFs

11. Com base na definição de SAFs, nas fotos apresentadas e em seu conhecimento sobre os sistemas produtivos no município, indique qual o valor máximo que está disposto (a) a pagar (DAP) para manter as áreas de SAFs da forma como estão sendo utilizadas pelos produtores rurais do município.

Faixa de preço da área de SAF	DAP Média	Faixa	DAPm	DAP+m	DAP-m
<u>11.1 De R\$ 1.800,00 a R\$ 2.799,99/ha</u>	<u>R\$ 2.300,00/ha</u>	()	()	()	()
<u>11.2 De R\$ 2.800,00 a R\$ 3.599,99/ha</u>	<u>R\$ 3.200,00/ha</u>	()	()	()	()
<u>11.3 De R\$ 3.600,00 a R\$ 5.399,99/ha</u>	<u>R\$ 4.500,00/ha</u>	()	()	()	()
<u>11.4 De R\$ 5.400,00 a R\$ 5.599,99/ha</u>	<u>R\$ 5.500,00/ha</u>	()	()	()	()
<u>11.5 De R\$ 5.600,00 a R\$ 8.800,00/ha</u>	<u>R\$ 7.200,00/ha</u>	()	()	()	()
<u>11.6 Outro valor em R\$/ha</u>	<u>R\$ _____,00/ha</u>		()		
<u>11.7 Não está disposto a pagar</u>	<u>R\$ 0,00/ha</u>		()		

Observação: DAPm = valor médio; DAP+m = valor acima da média; DAP-m = valor abaixo da média
Justificativa para a resposta 11.7: _____

APÊNDICE B – VARIÁVEIS DA DIMENSÃO AMBIENTAL, VALOR ECONÔMICO E TIPO DE SERVIÇO ECOSISTÊMICO

VARIÁVEIS DA DIMENSÃO AMBIENTAL	VALOR ECONÔMICO	SERVIÇO ECOSISTÊMICO
A paisagem dos sistemas semelhante a uma floresta lhe é atrativa	Valor de existência	Cultural
O SAFs são importantes para melhorar a imagem do município.	Valor de uso de indireto	
As espécies madeireiras raras contidas nos SAFs ajudam a conscientizar sobre a conservação.	Valor de existência/opção	
Os SAFs são importantes para a educação ambiental.	Valor de opção	
A beleza natural dos SAFs representa um atrativo para o turismo.	Valor de uso direto	
Os SAFs geram emprego e renda para a população do município.	Valor de uso direto	Provisão
Os SAFs contribuem para a melhoria da qualidade de vida no município.	Valor de uso direto	
Os SAFs valorizam o imóvel rural.	Valor de uso direto	
A diversidade de culturas garante a estabilidade econômica, assegurando renda ao produtor ao longo do ano.	Valor de uso direto	
Os SAFs de Tomé-Açu garantem a soberania alimentar.	Valor de uso direto	
Os SAFs, como os adotados em Tomé-Açu são uma estratégia agrícola de uso sustentável da terra na Amazônia.	Valor de uso direto	Regulação
Os SAFs geram conforto térmico.	Valor de uso direto.	
Os SAFs reduzem a utilização de agrotóxicos e a incidência de pragas.	Valor de uso indireto	
A utilização de SAFs estimula a preservação e/ou conservação da floresta e recomposição da biodiversidade.	Valor de uso indireto	
Os SAFs ajudam na proteção de bacias hidrográficas	Valor de uso indireto	
Os SAFs podem contribuir para a recuperação de áreas degradadas.	Valor de uso indireto	Suporte
Os SAFs promovem a redução do uso de fertilizantes e adubos químicos.	Valor de uso indireto	
Os SAFs reduzem a perda de solo por erosão.	Valor de uso indireto	
Os SAFs podem ser utilizados na recuperação de pastos degradados.	Valor de uso indireto	

APÊNDICE C – MODELO ECONOMETRICO – SUR

System: UNTITLED

Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression

Date: 03/21/19 Time: 11:36

Sample: 1 397

Included observations: 397

Total system (balanced) observations 794

Linear estimation after one-step weighting matrix

	<u>Coefficient</u>	<u>Std. Error</u>	<u>t-Statistic</u>	<u>Prob.</u>
<u>C(10)</u>	<u>347.1926</u>	<u>655.4873</u>	<u>0.529671</u>	<u>0.5965</u>
<u>C(11)</u>	<u>0.112943</u>	<u>0.026299</u>	<u>4.294546</u>	<u>0.0000</u>
<u>C(12)</u>	<u>309.9162</u>	<u>81.08698</u>	<u>3.822022</u>	<u>0.0001</u>
<u>C(13)</u>	<u>4098.314</u>	<u>549.8377</u>	<u>7.453680</u>	<u>0.0000</u>
<u>C(14)</u>	<u>5247.924</u>	<u>439.6647</u>	<u>11.93620</u>	<u>0.0000</u>
<u>C(15)</u>	<u>-388.4835</u>	<u>214.4280</u>	<u>-1.811720</u>	<u>0.0704</u>
<u>C(16)</u>	<u>15.04598</u>	<u>7.601166</u>	<u>1.979430</u>	<u>0.0481</u>
<u>C(17)</u>	<u>25.87919</u>	<u>57.10242</u>	<u>0.453207</u>	<u>0.6505</u>
<u>C(20)</u>	<u>5051.169</u>	<u>925.1845</u>	<u>5.459634</u>	<u>0.0000</u>
<u>C(21)</u>	<u>0.092018</u>	<u>0.037270</u>	<u>2.468966</u>	<u>0.0138</u>
<u>C(22)</u>	<u>216.9875</u>	<u>116.9154</u>	<u>1.855935</u>	<u>0.0638</u>
<u>C(23)</u>	<u>2270.974</u>	<u>801.7810</u>	<u>2.832412</u>	<u>0.0047</u>
<u>C(24)</u>	<u>13103.29</u>	<u>421.4003</u>	<u>31.09463</u>	<u>0.0000</u>
<u>C(25)</u>	<u>-967.9105</u>	<u>313.6040</u>	<u>-3.086410</u>	<u>0.0021</u>
<u>C(26)</u>	<u>9.009076</u>	<u>11.04546</u>	<u>0.815636</u>	<u>0.4150</u>
<u>C(27)</u>	<u>-11.43471</u>	<u>80.84549</u>	<u>-0.141439</u>	<u>0.8876</u>

Determinant residual covariance 2.91E+13

Equation: DAP=C(10)+C(11)*RENDA+C(12)*EDUC+C(13)*ISAMB+C(14)

*VD DAP+C(15)*SEXO+C(16)*TQVNL+C(17)*TFAMI

Observations: 397

<u>R-squared</u>	<u>0.565814</u>	<u>Mean dependent var</u>	<u>5117.378</u>
<u>Adjusted R-squared</u>	<u>0.558001</u>	<u>S.D. dependent var</u>	<u>3131.129</u>
<u>S.E. of regression</u>	<u>2081.669</u>	<u>Sum squared resid</u>	<u>1.69E+09</u>
<u>Durbin-Watson stat</u>	<u>1.980182</u>		

Equation: DAR=C(20)+C(21)*RENDA+C(22)*EDUC+C(23)*ISAMB+C(24)

*VDDAR+C(25)*SEXO+C(26)*TQVNL+C(27)*TFAMI

Observations: 397

<u>R-squared</u>	<u>0.697507</u>	<u>Mean dependent var</u>	<u>8189.152</u>
<u>Adjusted R-squared</u>	<u>0.692064</u>	<u>S.D. dependent var</u>	<u>5462.160</u>
<u>S.E. of regression</u>	<u>3031.061</u>	<u>Sum squared resid</u>	<u>3.57E+09</u>
<u>Durbin-Watson stat</u>	<u>1.800506</u>		

APÊNDICE D – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DOS SAF E PIMENTAL

Fonte: Antônio Cordeiro de Santana (2018/2019).



Fonte: Antônio Cordeiro de Santana (2018/2019).



Fonte: Antônio Cordeiro de Santana (2018/2019).



Fonte: Antônio Cordeiro de Santana (2018/2019).