



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

**A CACAUCULTURA NO ESTADO DE RONDÔNIA: HISTÓRIA,
VALOR GENÉTICO E CONTRIBUIÇÕES PARA O
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

JUOCERLEE TAVARES GUADALUPE PEREIRA DE LIMA

**PORTO VELHO
2020**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

**A CACAUCULTURA NO ESTADO DE RONDÔNIA: HISTÓRIA,
VALOR GENÉTICO E CONTRIBUIÇÕES PARA O
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

JUOCERLEE TAVARES GUADALUPE PEREIRA DE LIMA

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Barros Rocha

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Área de Concentração em Desenvolvimento Sustentável & Diagnóstico Ambiental, Linha de Pesquisa em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, para a obtenção de Título de Doutor em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Fundação Universidade Federal de Rondônia
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

L732c Lima, Juocerlee Tavares Guadalupe Pereira de.

A cacauicultura no estado de Rondônia: história, valor genético e contribuições para o desenvolvimento econômico / Juocerlee Tavares Guadalupe Pereira de Lima. -- Porto Velho, RO, 2020.

142 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Rodrigo Barros Rocha

Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) -
Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Cacau. 2.Crédito de Carbono. 3.Melhoramento Genético vegetal.
4.Vassoura-de-bruxa. 5.Coleóbroca-dos-frutos. I. Rocha, Rodrigo Barros. II.
Título.

CDU 633.74(811.1)

JUOCERLEE TAVARES GUADALUPE PEREIRA DE LIMA

**A CACAUCULTURA NO ESTADO DE RONDÔNIA: HISTÓRIA,
VALOR GENÉTICO E CONTRIBUIÇÕES PARA O
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

Comissão Examinadora

Dr. Rodrigo Barros Rocha

Orientador

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Dr. Angelo Gilberto Barros

Membro Interno

Universidade Federal de Rondônia

Dr. Wanderley Rodrigues Bastos

Membro Interno

Universidade Federal de Rondônia

Dr. Caio Márcio Vasconcellos Cordeiro de Almeida

Membro Externo

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

Dra. Gleimária Batista da Costa Matos

Membro Externo

Universidade Federal de Rondônia

Porto Velho, 9 de dezembro de 2020

Resultado_____

Dedico este trabalho, bem como esta etapa da minha vida pessoal e profissional aos meus pais, Domingos Lima (*in memoriam*) e Otília Lima (*in memoriam*) bem como à minha esposa Carliza, à minha filha Aisha, ao meu filho Arthur, que estiveram sempre presentes e cujos incentivos foram essenciais ao longo da minha vida. Dedico também ao meu querido avô, Eugênio Guadalupe (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Ao longo desta minha jornada eu devo agradecimentos à muitas entidades, pessoas e instituições. Agradecimentos estes que não caberiam nesta página e muito menos nesta tese de doutorado, pois foram muitos os trajetos em minha vida pessoal e profissional que enfatizaram a realização desta etapa. Por isso, resumidamente irei aqui especificar os meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente ao Grande Arquiteto do Universo!

À minha família, por me possibilitar este momento de realização pessoal e profissional e por estar sempre comigo, em todos os momentos de minha jornada, dando-me força e coragem para seguir com fé.

Ao Departamento de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Rondônia, mais precisamente aos colegas professores e professoras que sempre estiveram dispostos para partilha de experiência e trabalho em equipe.

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Universidade Federal de Rondônia (PGDR/UNIR), por ter dado essa oportunidade para qualificação profissional.

À CEPLAC por ter dado a oportunidade de analisar os dados da produtividade de cacau a fim de executar um dos objetivos específicos da presente tese de doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) da Universidade Federal do Ceará, que me acolheu durante os anos de 2018 e 2019, coimo aluno especial no curso de doutorado, para aprimorar os meus conhecimentos em melhoramento genético vegetal, em especial, o Professor Doutor Fernando Aragão.

A EMBRAPA Rondônia, por ter me dado suporte na solicitação de autorização de recursos genéticos objeto do presente trabalho no SisGen, além de práticas na utilização do *softwares* SELEGEN e GENES.

Ao meu professor e orientador, Doutor Rodrigo Barros Rocha, que além de me proporcionar sabiamente uma orientação teórica, metodológica e prática, sempre esteve pronto e disposto, incentivando-me desde o início, até agora no final dessa etapa.

A todos os meus professores, que sempre estiveram presentes com conselhos e sugestões no intuito de engrandecerem e estimularem o meu desenvolvimento tanto pessoal quanto acadêmico e profissional.

A todos os meus colegas do PGDRA/UNIR, que souberam ser amigos e estiveram sempre dispostos a contribuir no sentido de me apoiar.

Aos meus amigos de pátria, de longas datas, Adelino Vera Cruz, Adbeel Pereira e Bruno Ramos Dias, que sempre me incentivaram no sentido de ir à busca de uma maior qualificação acadêmica.

Aos meus sogros Senhor Carlos Adalberto Celedônio e Dona Ariza Celedônio, bem como meus cunhados, que nunca economizaram esforços no sentido de me apoiarem sempre que necessitei.

Enfim, a todos aqueles que estiveram presentes e contribuíram direta e/ou indiretamente para a realização deste trabalho e dessa etapa em minha vida.

Muito obrigado!!!!!!!!!!!!!!!

“A destruição da natureza resulta da ignorância, cobiça e ausência de respeito para com os seres vivos do planeta”.

(Dalai Lama)

RESUMO

O trabalho se insere no ramo de melhoramento genético do cacau e o seu papel para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental do estado de Rondônia, quando cultivado em Sistema Agroflorestal. A pesquisa foi desenvolvida em 3 (três) etapas, a primeira compreendeu a análise da importância histórica socioeconômica e ambiental da cacauicultura para o estado de Rondônia. Como resultado o estudo trouxe evidências históricas que a cacauicultura, apesar de ser uma cultura que já distribuiu renda para mais de 10 mil famílias de pequenos agricultores em Rondônia, o modelo de expansão dos polos cacauzeiros no estado se baseou na expansão econômica capitalista, do qual visou o aumento de insumos para as indústrias chocolateiras, fora do contexto do desenvolvimento da própria região produtora, deixando a comunidade local produtora, considerada como os *stakeholders* mais vulneráveis dessa cadeia produtiva, mais fragilizadas com esse modelo, tendo como maiores consequências, abandono e erradicação das lavouras. Entretanto em meados da década de 1990 a CEPLAC, junto com o governo local tentaram reverter esse quadro introduzindo variedades geneticamente melhoradas para aumentar a renda dos produtores, surtindo efeitos notórios, até se registrar quedas vertiginosas tanto na produção, na área produtiva e na produtividade, a partir de 2013. Mas, entre 2018 e 2019, nota-se um ligeiro aumento da produção e na produtividade, sinalizando que pode ser resultado de programas de melhoramento genético da CEPLAC e introduzido o cacau na agenda do desenvolvimento sustentável do Estado, com políticas voltadas para a mitigação dos GEE na atmosfera na qual os produtores recebem pelos serviços ambientais. A segunda etapa do estudo compreendeu a análise do desempenho produtivo de famílias de meios-irmãos de cacauzeiros silvestres coletados na Amazônia brasileira com intuito de selecionar as melhores progênies e melhores plantas que subsidiem o desenvolvimento de novas cultivares, no que tange a resistência a vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) e coleóbroca-dos-frutos (*Conotrachelus humeropictus*), além de maior rendimento por hectare. Por meio de análise de variância em modelo de parcela subdividida, com os efeitos de famílias na parcela e anos na subparcela, quantificou-se a significância dos efeitos de progênies e a precisão experimental. Para quantificar a adaptabilidade e estabilidade foram interpretadas as estimativas de parâmetros genéticos e o teste não paramétrico de Lin Binns. Os resultados indicam elevada variabilidade genética entre as progênies de meios-irmãos avaliadas. As progênies AM 1090, AM 1066, AM 1070, AM 1077 e AM 1085 apresentaram melhor adaptabilidade e estabilidade ao longo dos anos para a produtividade. As progênies AM 1068, AM 1081, AM 1091, AM 1095 e AM 1097 tiveram melhores desempenhos para resistência à vassoura-de-bruxa, enquanto AM 1077, AM 1081, AM 1085, AM 1088 e AM 1112, para a resistência à coleóbroca-dos-frutos. Assim, através do procedimento da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG), selecionou-se 12 melhores plantas, com produtividade média de 1.700 kg/ha/ano, para reprodução vegetativa. Esse coeficiente de produtividade foi utilizado como produtividade média para a projeção econômica, financeira e ambiental da cacauicultura em Sistema Agroflorestal (SAF), o que compreendeu a terceira etapa do estudo. O resultado dessa etapa indicou viabilidade econômica do SAF com valores acima dos valores de referência. Como resultado geral o estudo trouxe evidências que melhoramento genético do cacauzeiro tem importância socioeconômica e ambiental para a cacauicultura em SAF no Estado de Rondônia.

Palavras-chave: Cacau. Crédito de Carbono. Melhoramento Genético vegetal. Vassoura-de-bruxa. Coleóbroca-dos-frutos.

ABSTRACT

The work is part of the genetic breeding of cacao and its role in the socioeconomic and environmental development of the state of Rondônia, when cultivated in the Agroforestry System. The research was developed in 3 (three) stages, the first comprised the analysis of the historical socioeconomic and environmental importance of cacao cultivation for the state of Rondônia. As a result, the study brought historical evidence that cacao cultivation, despite being a crop that has already distributed income to more than 10,000 families of small farmers in Rondônia, the model of expansion of cocoa hubs in the state was based on capitalist economic expansion, of which aimed at increasing inputs for the chocolate industries, outside the context of the development of the producing region itself, leaving the local producing community, considered as the most vulnerable stakeholders of this production chain, more fragile with this model, with the greatest consequences, abandonment and eradication crops. However, in the mid-1990s, CEPLAC, together with the local government, attempted to reverse this situation by introducing genetically improved varieties to increase producers' incomes, with notorious effects, until there were dramatic declines in both production, production and productivity. , from 2013. But, between 2018 and 2019, there is a slight increase in production and productivity, signaling that it may be the result of CEPLAC's genetic improvement programs and introducing cocoa to the state's sustainable development agenda, with policies aimed at mitigating greenhouse gases in the atmosphere in which producers receive for environmental services. The second stage of the study included the analysis of the productive performance of families of half-brothers of wild cocoa trees collected in the Brazilian Amazon in order to select the best progenies and best plants to support the development of new cultivars, with respect to resistance to broom- witch (*Moniliophthora perniciosa*) and fruit borer (*Conotrachelus humeropictus*), in addition to higher yield per hectare. Through analysis of variance in a subdivided plot model, with the effects of families in the plot and years in the subplot, the significance of the effects of progenies and the experimental precision were quantified. To quantify adaptability and stability, estimates of genetic parameters and Lin Binns' nonparametric test were interpreted. The results indicate high genetic variability between the half-sib progenies evaluated. The AM 1090, AM 1066, AM 1070, AM 1077 and AM 1085 progenies showed better adaptability and stability over the years for productivity. The progenies AM 1068, AM 1081, AM 1091, AM 1095 and AM 1097 had better performances for resistance to witches' broom, while AM 1077, AM 1081, AM 1085, AM 1088 and AM 1112, for resistance to fruit borer. Thus, through the procedure of the Harmonic Mean of the Relative Performance of the Genetic Values (MHPRVG), 12 best plants were selected, with an average productivity of 1,700 kg / ha / year, for vegetative reproduction. This productivity coefficient was used as the average productivity for the economic, financial and environmental projection of cacao cultivation in Agroforest System, which comprised the third stage of the study. The result of this stage indicated the economic viability of the Agroforest System with values above the reference values. As a general result, the study brought evidence that the genetic breeding of cacao has socioeconomic and environmental importance for cacao cultivation in Agroforest System in the state of Rondônia.

Keywords: Cocoa. Carbon Credit. Plant breeding. Witch's broom. Fruit borer.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C – antes de Cristo

AIPC – Associação Nacional de Indústrias Processadoras de Cacau

AM – Amazonas

BA – Bahia

BAG – Banco Ativo de Germoplasma

BASA – Banco da Amazônia

CAB – *Cacao from the Brazilian Amazon*

CAC – Cacaucultura em SAF

CEPEC – Centro de Pesquisa de Cacau

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

CER – Certificados de Emissões Reduzidas

CH₄ – Metano

CFC – Clorofluorcarbonetos

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

CO₂ – Dióxido de carbono

CO₂eq – Carbono equivalente

CPSH – Campos de Produção de Sementes Híbridas

CQNUMC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

DEPEA – Departamento Especial da Amazônia

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

EUA – Estados Unidos da América

ESTEX-OP – Estação Experimental de Ouro Preto do Oeste-RO

FLN – Floresta nativa

GEE – Gases de Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRA – Instituto Brasileiro de Reforma Agrária

ICS - *Imperial College Selection*

IES – Instituições de Ensino Superior

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

IPC – Índice de Preços ao Consumidor

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

Mg – Mega grama

MHPRVG – Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos

MOD – Mão-de-Obra Direta

Mt – Mega tonelada

MVC – Mercado Voluntário de Carbono

N₂O – Óxido Nitroso

O₃ – Ozônio

ONG – Organizações Não-Governamentais

ONU – Organização das Nações Unidas

PAS – Pastagem cultivada

PE – Pernambuco

PGSA – Políticas Públicas Governança Climática e Serviços Ambientais

PIB – Produto Interno Bruto

PROCACAU – Plano de Diretrizes para a Expansão da Cacaucultura Nacional

PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

R\$ – Real

SAF – Sistema Agroflorestal

SCA – Scavina

séc. – século

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

SFB – Serviço Florestal Brasileiro

SGSA – Governança Climática e Serviços Ambientais

SNCR – Sistema Nacional de Cadastro Rural

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TSH – *Trinidad Selected Hybrids*

UNIR – Universidade Federal de Rondônia

US\$ – *United State Dollar*

USP – Universidade de São Paulo

VAE – Valor Anual Equivalente

VPL – Valor Presente Líquido

WASC – World Atlas Statistics by Country

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Amostra de artefatos arqueológicos utilizados pelos Olmecas entre 1800 e 1000 a.C., para armazenar, preparar e servir cacau e seus derivados.....	27
Figura 2. Amostra de artefatos arqueológicos utilizados pelos Mayo-Chinchipe nos anos 3.500 a.C., para armazenar, preparar e servir cacau e seus derivados.....	28
Figura 3. Variedades comerciais de cacau	29
Figura 4. Mapa de diferentes regiões produtoras do cacau no mundo.	34
Figura 5. Ranking mundial de produção de amêndoas de cacau, safra 2019/2020	35
Figura 6. Os dez maiores municípios produtores de cacau em Rondônia (2005)	38
Figura 7. Evolução da produção, área produtiva e produtividade de cacau em Rondônia entre os anos de 2005 e 2019	39
Figura 8. Classificação dos SAFs, quanto a sua composição.....	47
Figura 9. Participação no volume de compensação de carbono voluntário transacionado por categoria de projeto, 2019	55
Figura 10. Participação no volume monetário negociado no mercado voluntário de carbono por categoria de projeto, 2019	56
Figura 11. Floração do cacauzeiro.....	61
Figura 12. Diferentes formações de bilros de cacauzeiros, após a fertilização	62
Figura 13. Frutos de cacau maduros	62
Figura 14. Croqui e planta baixa do SAF de cacau em consórcio com mescla de essências florestais.	80
Figura 15. Participação dos custos de implantação e manutenção durante o ano 1	102
Figura 16. Participação do custeio de manutenção e produção entre os anos 2 e 20	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Identificação das progênes e das testemunhas, híbridos comerciais de comportamento conhecido, avaliadas no campo experimental da CEPLAC, no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.	75
Tabela 2. Resumo da estrutura de das receitas utilizadas para a projeção econômica e ambiental de cacaueteiro em SAF	82
Tabela 3. Resumo da estrutura do custeio do investimento e manutenção utilizados para a projeção econômica e ambiental de cacaueteiro em SAF.....	83
Tabela 4. Estrutura das condições do crédito do PRONAF - Floresta.....	84
Tabela 5. Cenários do preço de cacauete utilizado na análise de sensibilidade	86
Tabela 6. Estimativas do teste F da análise de variância do total de frutos colhidos (TFC), produção de sementes em gramas por planta (ProdP), percentual de frutos brocados (Fbroc), percentual de frutos com vassoura-de-bruxa (Fvass) de 22 progênes de cacaueteiros e duas testemunhas avaliadas no campo experimental da CEPLAC localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.....	90
Tabela 7. Estimativas dos parâmetros genéticos do total de frutos colhidos (TFC), produção de sementes em gramas por planta (ProdP), percentual de frutos brocados (Fbroc), percentual de frutos com vassoura-de-bruxa (Fvass) de 22 progênes de cacaueteiros e duas testemunhas avaliadas no campo experimental da CEPLAC localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.	92
Tabela 8. Desempenho produtivo de 22 progênes de cacaueteiro e duas testemunhas avaliadas no campo experimental da CEPLAC, localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.	94
Tabela 9. Ocorrência em campo de broca de cacaueteiro (<i>Conotrachelus humeropicatus</i>) e da vassoura-de-bruxa (<i>Moniliophthora perniciosa</i>) em 22 progênes de cacaueteiro e duas testemunhas avaliadas no campo experimental da CEPLAC, localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.....	97
Tabela 10. Estimativas dos valores genéticos da produção de sementes úmidas (gramas planta ⁻¹) dos 12 melhores genótipos, considerando o limite de seleção de no máximo dois indivíduos dentro de progênes.	99
Tabela 11. Coeficientes técnicos referentes a implantação e manutenção de 1 ha cacaueteiro em SAF nos primeiros seis anos.....	101
Tabela 12. Projeção do Plano de amortização do empréstimo.	104
Tabela 13. Projeção de estoque de carbono total em SAF de cacaueteicultura e mesclas de essências florestais, durante 20 anos no município de Ouro Preto do Oeste-RO.....	105
Tabela 14. Conversão do estoque de carbono em carbono equivalente.....	106
Tabela 15. Projeção de benefícios socioeconômicos e ambientais da cacaueteicultura em SAF consorciada com essências florestais, com ciclo de 20 anos.....	107
Tabela 16. Demonstrativo de fluxo de caixa do SAF durante 20 anos	110
Tabela 17. Projeção dos Indicadores de viabilidade econômica do SAF.....	111
Tabela 18. Análise de sensibilidade dos indicadores de viabilidade do SAF	112

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Considerações iniciais.....	17
1.2	Questão da pesquisa.....	21
1.3	Objetivos	21
1.3.1	Objetivo geral.....	21
1.3.2	Objetivos específicos	22
1.4	Justificativa.....	22
1.5	Estrutura do trabalho.....	24
2	A IMPORTÂNCIA HISTÓRICA, SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL DO CACAUEIRO (<i>THEOBROMA CACAO</i> L.).....	27
2.1	A origem e a trajetória do cacau pelo mundo.....	27
2.2	A trajetória do cacau no Estado de Rondônia	35
2.3	Teorias do desenvolvimento e a cacauicultura	40
2.3.1	A teoria dos <i>Stakeholders</i> e a cacauicultura.....	41
2.3.2	A teoria dos polos de crescimento de Perroux e a cacauicultura	43
2.4	Cacauicultura em SAF como tecnologia de desenvolvimento sustentável local	47
2.4.1	Estoque de carbono como serviço ambiental da cacauicultura em SAF	53
3	VALOR GENÉTICO DO CACAUEIRO (<i>THEOBROMA CACAO</i> L.).....	60
3.1	Características botânicas e o sistema reprodutivo do cacaueiro.....	60
3.2	Conceito e aspectos históricos do melhoramento genético do cacaueiro	64
4	METODOLOGIA.....	72
4.1	Materiais e métodos para a análise da importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura para Rondônia	73
4.2	Materiais e métodos utilizados para analisar o desempenho agrônomico e selecionar cacaueiros (<i>Theobroma cacao</i>) entre e dentro de famílias de meios-irmãos.....	74
4.2.1	Experimento de campo	74
4.2.2	Desempenho agrônomico.....	75
4.2.3	Análises estatísticas	76
4.3	Materiais e métodos para a projeção econômica, financeira e ambiental da cacauicultura em SAF.....	79
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	87
5.1	Importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura para Rondônia	87

5.2	Desempenho agrônômico e seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos de cacaueteiro (<i>Theobroma cacao</i>).....	90
5.2.1	Análise dos componentes de produção de sementes úmidas por planta	90
5.2.2	Análise de componentes de resistência em campo	96
5.2.3	Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos de cacaueteiro	98
5.3	Projeção econômico-financeira e ambiental para cacauicultura em SAF com alto desempenho agrônômico	100
5.3.1	Investimento e custo de manutenção	100
5.3.2	Previsão das receitas e dos benefícios socioeconômicos e ambientais do SAF	105
5.3.3	Análise de viabilidade econômica	109
6	CONCLUSÕES.....	113
	REFEFÊNCIAS	115
	APÊNDICE A – ESTIMATIVAS DOS VALORES GENÉTICOS DA PRODUÇÃO DE SEMENTES ÚMIDAS (GRAMAS.PLANTA-1) DE TODOS OS GENÓTIPOS AVALIADOS, ORDENADAS DE MANEIRA DECRESCENTE A PARTIR DA PLANTA MAIS PRODUTIVA (ORD.)	126
	APÊNDICE B – PROJEÇÃO DE BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA CACAUCULTURA EM SAF CONSORCIADA COM ESSÊNCIAS FLORESTAIS, COM CICLO DE 20 ANOS – CENÁRIO PESSIMISTA	139
	APÊNDICE C – PROJEÇÃO DE BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA CACAUCULTURA EM SAF CONSORCIADA COM ESSÊNCIAS FLORESTAIS, COM CICLO DE 20 ANOS – CENÁRIO OTIMISTA.....	140
	APÊNDICE D – DEMONSTRATIVO DE FLUXO DE CAIXA DO SAF DURANTE 20 ANOS – CENÁRIO PESSIMISTA	141
	APÊNDICE E – DEMONSTRATIVO DE FLUXO DE CAIXA DO SAF DURANTE 20 ANOS – CENÁRIO OTIMISTA	142

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O cacauzeiro (*Theobroma Cacao* L.), espécie cujo fruto, o cacau, dá origem ao chocolate através do processamento das suas sementes secas (amêndoas), teve as suas origens na região amazônica e é cultivada nas regiões tropicais de todo o mundo. Há registros históricos que foi domesticado pelos Maias na América Central muito antes da chegada dos europeus ao continente americano (CUATRECASAS, 1964). Entretanto, novas evidências científicas indicam que os povos Mayo-Chinchipec já utilizavam o cacau há mais de 5.300 anos, na região do Equador (ZARRILLO et al., 2018).

Sendo bastante apreciada, tanto pelos colonizadores das Américas, quanto pelos nativos, o seu cultivo comercial se iniciou no Brasil por volta de 1679, através da autorização da Coroa Portuguesa. Assim, várias tentativas foram feitas visando à implantação da lavoura cacauzeira em outras regiões com condições edafoclimáticas semelhantes à região amazônica. Nesse contexto, gradativamente as suas sementes foram se disseminando pelo Brasil e pelo mundo. O primeiro registro fora da Amazônia brasileira foi no Sul da Bahia, em meados do século XVIII, enquanto fora das Américas as sementes chegaram na metade do século XIX, sendo o primeiro local o Continente Africano (CEPLAC, 2020; SEIBERT, 2015).

No Brasil, o cacauzeiro é cultivado comercialmente em seis estados (Bahia, Pará, Rondônia, Espírito Santo, Amazonas e Mato Grosso), chegando a marca produtiva de cerca de 473 mil toneladas no ano de 1985 e alcançando mais de 66 mil propriedades, sendo a maior parte de agricultura familiar (SILVA NETO et al., 2001; IBGE, 2020). Entretanto, a segunda metade da década de 1980 foi marcada pela queda brusca da produção do cacau no país, nunca chegando a se recuperar para chegar aos níveis alcançados no início da década de 1980 (ESALQ/USP, 2016), rebaixando o Brasil para sétimo maior produtor do mundo, com pouco menos de 200 mil toneladas por ano.

Um dos principais motivos da queda produtiva do cacau do Brasil, foi a crise estrutural e conjuntural com o aparecimento e a propagação da doença da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*), no estado da Bahia, em 1989, na época, o maior produtor do cacau do país (ESALQ/USP, 2016).

Ocupando o 4º (quarto) lugar na produção do cacau no Brasil (IBGE, 2020), o Estado de Rondônia, objeto do contexto espacial do presente trabalho, tem um potencial ímpar para a cultura do cacauzeiro, devido às características edafoclimáticas da região e ocorrência de populações silvestres no Estado às margens do Rio Madeira e às margens da antiga Estrada de Ferro Madeira Mamoré (ALMEIDA; MATOS; DESTRO, 2011). O cultivo comercial iniciou-

se na década de 1970, após um estudo de viabilidade para o cultivo dessa planta na região, conduzido pelo Centro de Pesquisa de Cacau (CEPEC), pertencente à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), por solicitação do Instituto Brasileiro de Reforma Agrária (IBRA), posteriormente denominado de Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (ÁLVARES-AFONSO, 2008). O estado chegou a produzir cerca de 20 mil toneladas em finais da década de 1980, sofrendo algumas crises estruturais, se recuperando na primeira metade da década de 2000. Entretanto, na última década registrou um decréscimo de produção na ordem de 70%, produzindo apenas pouco mais de 5 mil toneladas. Em contrapartida, atividades agropecuárias como o cultivo de soja e criação de gado bovino estão em ascensão em Rondônia (TEIXEIRA NETO, 2017; IBGE, 2020).

Essa relação inversa pode indicar que a cultura de cacau está sendo substituída por outras atividades agropecuárias de pouco interesse socioambiental no estado de Rondônia, mais precisamente pela produção de soja e pasto para a criação de gado bovino. Esses dados são preocupantes, no ponto de vista sustentável, uma vez que a soja e o gado são culturas que não favorecem a permanência do homem ao campo (social), nem tampouco, se preocupam com aspectos ecológicos (ambiental), pelo contrário. No caso específico da criação de gado, além de demandar desmatamento e pesticidas, como o caso de soja, emite gás metano prejudicial ao ecossistema, apesar de ser uma das maiores fontes de incremento da balança comercial brasileira (econômico).

A perspectiva do desenvolvimento sustentável é que a atividade do homem sobre a natureza deve atender às necessidades do presente, sem comprometer as necessidades do futuro, portanto, o máximo de equilíbrio entre os aspectos econômicos, sociais e ambientais (BARBIERI, 2004; NASCIMENTO, 2008).

Economistas ecológicos defendem o investimento em tecnologias sustentáveis, ou seja, investimentos em tecnologias que geram eficiência de recursos, que substituam tecnologias convencionais, e que fortaleçam o ecossistema (JACKSON, 2013). Uma dessas tecnologias, no ramo agropecuário é o Sistema Agroflorestal (SAF), que consiste em sistemas de manejo sustentável do solo que eleva a sua produtividade total, considerando-se as produções florestais, agrícolas e/ou pecuárias, simultaneamente, na mesma unidade de área, onde são aplicadas técnicas de manejo compatíveis com as tradições culturais da população local (KING; CHANDLER, 1978). A cacauicultura é uma das atividades agrícolas que mais utilizam o Sistema Agroflorestal (SAF) no Continente Africano e na América Latina e Caribe (CUENCA; NAZÁRIO, 2004; OKE; ODEBIYI, 2007; MONROE et al., 2016; TEIXEIRA NETO, 2017),

contribuindo assim para geração de riqueza para a comunidade local, bem como serviços ambientais para o ecossistema.

Entre os serviços ambientais que têm mais destaque nos SAFs de cacau, está o estoque do carbono que corresponde a incorporação do CO₂ da atmosfera na biomassa das plantas (BONAMICO, 2007), amenizando o efeito negativo dos Gases do Efeito Estufa (GEE).

Estes serviços ambientais, além de gerarem benefícios ao ecossistema, podem gerar renda aos produtores rurais, através de geração de crédito de carbono, que pode ser negociado no mercado de carbono, desde que seja comprovado o sequestro de carbono, por meio de Certificados de Emissões Reduzidas (CERs) (ABRANTES, 2015).

Entretanto, apesar desta alternativa ecológica, tem-se registrado abandono de áreas plantadas de cacau em todas as regiões produtoras do Brasil, sendo indicado como maiores motivações, a baixa produtividade e a oscilação do preço do mercado internacional (ZUGAIB; BARRETO, 2015), e a infestação pelas principais doenças de cacau (ESALQ/USP, 2016).

Além da ocorrência da vassoura-de-bruxa na Bahia, em 1989, e a baixa produtividade, fatores econômicos também podem ter contribuído para a baixa da oferta de cacau no Brasil. A década de 1990 foi marcada com a baixa do preço do cacau no mercado internacional, saindo de cerca de US\$ 3.500,00/ton no início da década de 1980, para cerca de US\$ 1.193,00/ton na primeira metade da década de 1990, o que descapitalizou completamente os cacauicultores. De acordo com Zugaib e Barreto (2015) o cacau é a *commodity* agrícola que apresenta maior índice de instabilidade na formação de preços internacionais, com variação de até 49,4% para mais ou para menos. Outros produtos, como borracha, café e açúcar, apresentaram índices de 46,20%, 25,30% e 25,00%, respectivamente.

A estratégia mais ecológica e econômica para colmatar a baixa rentabilidade por produtividade baixa, ou por infestação de doenças de cacau, além de instabilidade do preço do cacau no mercado internacional, gerando assim maiores ganhos econômicos para os cacauicultores e para o meio ambiente é a adoção de cultivares resistentes às principais pragas de cacau e de alta produtividade. O melhoramento genético vegetal é um ramo da ciência que pode colmatar tanto os danos causados pela vassoura-de-bruxa, como a baixa produtividade do cacau (PINTO; PIRES, 1998; DANTAS NETO, 2005).

O melhoramento genético das culturas agrícolas no Brasil é um dos resultados mais contundentes das pesquisas desenvolvidas pelas instituições de pesquisas brasileiras. Os impactos obtidos por meio do melhoramento genético vegetal levaram a um novo desenho da agricultura do Brasil (BRASILEIRO; CARNEIRO, 2015). Consiste na preservação e

conservação seletiva da variabilidade genética para o bem da humanidade. Se baseia no desenvolvimento e na transformação de plantas para a criação de novas espécies ou variedades de interesse do produtor. Para que haja tais mudanças é preciso que exista variabilidade genética, e também seleção de variedades com características específicas desejadas.

Essa técnica tem como metas o ganho de produtividade, a conservação e promoção do aumento da biodiversidade, obtenção e uso de germoplasma de adaptação local, seleção dentro de populações, avaliação experimental de variedades, lançamento e divulgação de novas variedades, diversificação do sistema produtivo e produção de sementes (CARVALHO et al. 2001; ARAÚJO; VASCONCELOS, 2007).

Uma das primeiras e das mais importantes fases do melhoramento para resistência a doenças do cacau é a identificação das fontes de resistência em genótipos mais intimamente relacionados às cultivares comerciais, como nas cultivares tradicionais e, ou, silvestres (RIOS-RUIZ, 2001).

Mundialmente, um dos pioneiros em busca de fontes de resistência em população de cacau foi Pound (1943). No Brasil a tentativa ocorreu em 1934, com a criação do Serviço de Fomento à Indústria Cacaueira, entretanto só foram efetivadas entre as décadas de 1940 e 1950, com a introdução de materiais genéticos oriundos da própria Amazônia brasileira, bem como de outros países produtores, do qual culminou com a criação do primeiro Banco Ativo de Germoplasma (BAG), com materiais genéticos que se destacavam maiores tamanhos de frutos e sementes e tolerância à algumas pragas de interesse do produtor (ALMEIDA, 2017).

Assim, com a queda drástica da produção de cacau em finais da década de 1990, por conta da propagação da vassoura-de-bruxa, o plantio de materiais genéticos resistentes a esse tipo de praga e com maior produtividade, desenvolvidos em programas de melhoramento genético no Brasil, foi adotado (PEREIRA, 2001).

A adesão aos materiais genéticos de cacau oriundos dos programas de melhoramento genético gerou mudanças em termos de recuperação das áreas degradadas e o aumento de produção, entretanto, ainda se registra o abandono da cultura de cacau, alegando baixo rendimento e riscos devido à volatilidade do preço do mercado e susceptibilidade à algumas patologias (ZUGAIB; BARRETO, 2015). Esse abandono tem contribuído para o aumento da emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEE) uma vez que essas terras podem estar sendo substituídas por atividades antrópicas de pouco interesse socioambiental. Pois, cacau, além de ser árvore perene, a maior parte do seu cultivo no Brasil e pelo mundo, é em SAFs,

contribuindo para a geração de renda para os produtores e serviços ambientais para o ecossistema.

Nessa perspectiva que o trabalho se insere no ramo de melhoramento genético do cacau e o seu papel para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental do estado de Rondônia, quando cultivado em Sistema Agroflorestal. Nas últimas duas décadas, têm surgido interesses técnicos-científicos e acadêmicos no sentido de identificar progênies de cacau resistentes a vassoura-de-bruxa e de alta produtividade, para dar contributos aos programas de melhoramento (PIRES et al., 1999; PAIM et al., 2006; FRANCISCO NETO, 2008; ALMEIDA; DIAS; SILVA, 2009; OFORI et al., 2016; BENJAMIN et al., 2016). Isoladamente, também tem havido estudos que têm abordado a importância socioeconômica e ambiental da cacauicultura (OKE; ODEBIYI, 2007; CLOUGH; FAUST; TSCHARNTKE, 2009; MONROE et al. 2016; TEIXEIRA NETO 2017; CASTRO et al. 2017; MENDONÇA, 2019). Entretanto, até onde se tem conhecimento esse poderá ser o primeiro estudo que aborda o melhoramento genético do cacau com um enfoque histórico, socioeconômico e ambiental, concomitantemente.

Partindo dessas abordagens, o principal pressuposto para a condução do trabalho foi de que o melhoramento genético do cacau pode ser um subsídio de grande importância socioeconômica e ambiental para o Estado de Rondônia, uma vez que poderá originar novas variedades comerciais com elevado desempenho agrônomo capazes de gerar maior renda aos produtores de cacau em Rondônia, além de serviços ambientais com o sequestro de carbono na atmosfera.

1.2 Questão da pesquisa

Diante das questões levantadas nas considerações iniciais, definiu-se como questão da pesquisa, o seguinte questionamento: O melhoramento genético do cacau tem importância socioeconômica e ambiental para o Estado de Rondônia, quando cultivado em Sistemas Agroflorestais?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O estudo teve como objetivo geral identificar a importância socioeconômica e ambiental do melhoramento genético do cacau cultivado em Sistema Agroflorestal (SAF) no Estado de Rondônia.

1.3.2 Objetivos específicos

Para atender o objetivo geral da pesquisa foram estabelecidos 3 (três) objetivos específicos:

- a) Analisar a importância histórica socioeconômica e ambiental da cacauicultura para o estado de Rondônia;
- b) Analisar o desempenho produtivo de famílias de meios-irmãos de cacauero (*Theobroma cacao* L.) no estado de Rondônia;
- c) Elaborar uma projeção de benefícios socioeconômicos e ambientais para o estado de Rondônia decorrente de progênies de cacaueros (*Theobroma cacao* L.) com alto desempenho agrônomo plantados em Sistemas Agroflorestais.

1.4 Justificativa

Desde a sua implantação comercial no Estado de Rondônia, a cacauicultura desempenhou um papel fundamental na distribuição de renda dos agricultores familiares do estado. Entretanto, a volatilidade do preço do mercado e a incidência de algumas pragas e doenças, fizeram com que os agricultores familiares do estado abandonassem, total ou parcialmente a atividade de cacauicultura.

A Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), como instituição máster na matéria relacionada a essa cultura, interveio, introduzindo técnicas de cultivo e tratamentos culturais, além de materiais genéticos com maior produtividade e tolerância às principais pragas e doenças de cacau. A introdução de novas técnicas empregadas pela CEPLAC teve resultados positivos notórios. Entretanto, nos últimos 10 (dez) anos tem-se registrado substituição das áreas plantadas de cacau, inclusive algumas com materiais genéticos tolerantes às principais pragas e doenças, pondo em risco a variabilidade genética da espécie, além de contribuir para a degradação ambiental do estado, uma vez que há uma relação inversa entre a área produtiva de cacau e a área produtiva de soja e pasto para gado bovino, com manejo insustentável. Pois, a cacauicultura, quando conduzida em SAF, além de benefícios econômicos e sociais, também traz variados benefícios ambientais.

Portando, o abandono da área produtiva do cacau no estado de Rondônia tem impactos negativos nas dimensões econômica, social e ambiental.

É nesse contexto que urge a realização dessa pesquisa multidisciplinar, uma vez que faz todas essas abordagens socioeconômicas e ambientais da cacauicultura, além de selecionar, por

meio de melhoramento genético, plantas de cacauero com produtividade média acima da produtividade nacional e mundial, capazes de aumentar a renda da classe trabalhadora rural.

O desenvolvimento de novas cultivares com maior potencial produtivo e resistência às principais pragas, tem potencial para gerar maior distribuição de renda para as famílias que trabalham nesse ramo. Em decorrência dessas e de várias outras características, o trabalho se justifica pela importância em realização de estudos que contribuam para a epistemologia do conhecimento sobre a importância da cacauicultura na história do desenvolvimento socioeconômico e ambiental de Rondônia, além da importância da sua variabilidade genética para seleção de progênies que beneficiem a classe trabalhadora rural da região, uma vez que a seleção de plantas de maior potencial produtivo é considerada uma das melhores alternativas para o aumento da produtividade, sem custos adicionais.

Assim, a importância desta pesquisa está em se obter uma visão geral sobre os aspectos históricos, socioeconômicos e ambientais da cacauicultura para o desenvolvimento local e em subsidiar o desenvolvimento de novas cultivares com maior produtividade e resistência às principais pragas e doenças por meio de melhoramento genético. Também, o trabalho também demonstra tecnicamente os benefícios econômicos, sociais e ambientais da cacauicultura para o estado, trazendo uma projeção econômica, financeira e ambiental, utilizando coeficiente técnico da produtividade, a média dos cacaueros selecionados por meio de melhoramento genético. Portanto o trabalho tem importância socioeconômica, acadêmica e científica.

O resultado do mesmo poderá subsidiar as instituições competentes como a CEPLAC e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no desenvolvimento de novas cultivares de cacau capazes de aumentar a renda dos pequenos agricultores locais e demonstrar aos mesmos, por meio de demonstrativos financeiros e indicadores de viabilidade econômica, os benefícios futuros que o emprego dessas cultivares poderá gerar. Outrossim, o resultado poderá suscitar discussões acadêmicas e científicas para futuras pesquisas com as mesmas finalidades, suprimindo eventuais lacunas que a presente pesquisa possa deixar.

Por outro lado, o resultado do estudo poderá trazer discussões acadêmicas e políticas sobre a importância do cultivo do cacau para a recuperação de áreas degradadas no Estado de Rondônia, bem como um mecanismo para a distribuição de renda rural e mitigação de danos ambientais causados pelas atividades antrópicas, com resgate de CO₂ na atmosfera.

Assim, a cacauicultura no Estado de Rondônia pode ser avaliada não apenas pela sua produção e renda dos proprietários (econômica), mas também pelo seu papel no mercado de trabalho como geradora de emprego e conseqüentemente de distribuição de renda a classe

trabalhadora do meio rural (social) e benefícios ao meio ambiente, como o caso de resgate de carbono na atmosfera, mitigando o efeito estufa.

Até onde se tem conhecimento, este trabalho pode ser o primeiro que tenta abordar, concomitante o papel do cacau na história do desenvolvimento econômico e ambiental de Rondônia, a sua variabilidade genética e seleção de plantas a partir de progênies silvestres, por meio de melhoramento genético, bem como uma projeção econômica, financeira e ambiental. Dessa forma, estudos que preencham essa lacuna são relevantes para aumentar o conhecimento desse setor na economia do estado.

Não obstante a motivação científica do estudo se concentra na importância da cacauicultura em sistemas agroflorestais (SAFs), como mecanismos de prevenção do desmatamento e distribuição de renda da classe trabalhadora rural do ramo. Também, o trabalho é fruto de parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), CEPLAC e Universidade Federal de Rondônia (UNIR), unindo conhecimentos em ciências sociais aplicadas (métodos quantitativos para inferências sobre fenômenos socioeconômicos) e genética (para fazer inferência estatística na seleção de melhores progênies de cacau que resultem em maior produtividade e resistência a pragas) dando subsídios à epistemologia de conhecimento nessas duas áreas. Por outro lado, o trabalho fará paralelos entre estudos anteriores já realizados, tanto no Brasil, como no exterior, mostrando casos de interesses socioeconômicos e ambientais ligados a cacauicultura. O resultado da pesquisa poderá contribuir para a ampliação do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do gênero *Theobroma* no mundo.

Para a condução do estudo, tendo em conta a multidisciplinaridade em que o mesmo se insere, o mesmo foi estruturado em 6 (seis) capítulos e respectivas seções, apresentados a seguir.

1.5 Estrutura do trabalho

O primeiro capítulo compreendeu a presente introdução, na qual se contextualiza o assunto pesquisado, justificando a elaboração do estudo. Nesse capítulo também se evidencia o problema da pesquisa, os objetivos geral e específicos, bem como se apresenta uma breve descrição sobre a divisão do trabalho.

No capítulo dois, apresenta-se o referencial teórico sobre a importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura. Para tanto foi dividido em 4 seções. Na primeira seção discorreu-se sobre a origem e a trajetória do cacau pelo mundo, abordando sobre os

registros históricos e arqueológicos sobre o cacauero e a sua expansão pelo mundo. Na segunda seção abordou-se sobre a trajetória do cacauero pelo Estado de Rondônia, desde o seu primeiro registro histórico no Estado, seu cultivo comercial, e o seu estágio atual. Na terceira seção abordou-se sobre teorias do desenvolvimento, mais precisamente, teoria dos *stakeholders* e a teoria dos polos de crescimento de Perroux (1955) para entender o modelo de implantação da cacauicultura e o seu avanço no estado de Rondônia. E por último, na quarta seção discorreu-se sobre a cacauicultura como tecnologia social de desenvolvimento sustentável local, onde se faz uma abordagem teórica sobre os benefícios econômicos, sociais e ambientais da cacauicultura em SAF, tendo como enfoque a geração de crédito de carbono, que serviu para embasar teoricamente a elaboração da projeção econômica, financeira e ambiental de um SAF de cacauero.

No capítulo 3 aborda-se sobre o referencial teórico do valor genético do cacauero. Assim, o mesmo foi dividido em 2 seções. Na primeira seção, abordou-se sobre as características botânicas e aspectos reprodutivos do cacauero, bem como as suas características morfológicas. Na segunda seção foram apresentados alguns conceitos e aspectos históricos sobre o melhoramento genético do cacauero, com a finalidade de se embasar teórica e metodologicamente a análise do desempenho produtivo de famílias de meios-irmãos de cacauero e a posterior seleção de melhores plantas.

No capítulo quarto comporta a metodologia utilizada para a condução do estudo. Por conta da interdisciplinaridade da natureza do estudo, esse capítulo foi subdividido em 3 (três) seções. Na primeira seção discorreu-se sobre os materiais e métodos utilizados para a análise da importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura para Rondônia. Na segunda seção, apresentou-se os materiais e métodos utilizados para a seleção de meios-irmãos de cacaueros. Já na terceira seção, apresentam-se os materiais e métodos utilizados para elaborar uma projeção econômica, financeira e ambiental da cacauicultura em SAF, a partir de cacaueros selecionados no presente trabalho.

No quinto capítulo apresentam-se os resultados e as análises do estudo. O mesmo foi dividido em três seções. Na primeira, apresentam-se o resultado e análise sobre a importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura, na segunda o resultado sobre o desempenho produtivo e seleção de meios-irmãos de cacaueros, atendendo a maior produtividade e na terceira seção apresentam-se os resultados da projeção econômica, financeira e ambiental, tendo como coeficiente de produtividade as melhores plantas selecionadas no presente trabalho.

Por fim, no sexto capítulo são evidenciadas as principais conclusões do trabalho, as suas limitações, bem como sugestões para pesquisas futuras.

2 A IMPORTÂNCIA HISTÓRICA, SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL DO CACAUEIRO (*THEOBROMA CACAO* L.)

2.1 A origem e a trajetória do cacau pelo mundo

Originária da bacia amazônica, o cacau (*Theobroma cacao* L.) foi batizado em 1753 como *Theobroma cacao* ou alimento dos deuses pelo botânico sueco Carl Von Linneaus, sendo que há registros históricos que a sua exploração foi inicialmente introduzida pelos Maias na América Central, muito antes da chegada dos europeus ao continente americano, que tinha o seu cultivo e colheita ligados a atividades religiosas (CUATRECASA, 1964). Entretanto, descobertas arqueológicas recentes indicam que os povos Olmecas já utilizavam o cacau bem como o chocolate em seus rituais há mais de 3.000 anos (POWIS et al., 2011) e os povos Mayo-Chinchipe, há mais de 5.300 anos (ZARRILLO et al., 2018).

Estudo publicado em 2011, por uma rede de pesquisa composta por integrantes do Instituto de Investigações Antropológicas da Universidade Nacional Autónoma do México, Departamento de Nutrição e o Departamento de Toxicologia Ambiental da Universidade de Califórnia, bem como do Departamento de Antropologia da Universidade Trent do Canadá, trouxe evidências científicas de presença de materiais biológicos provenientes de cacau datados entre 1800 e 1000 a.C., em San Lorenzo (México), a antiga capital dos povos Olmecas. O estudo documenta ainda as formas variadas dos artefatos utilizados na preparação e consumo de bebidas feitas a partir do cacau, de acordo com a Figura 1 (POWIS et al., 2011).

Figura 1. Amostra de artefatos arqueológicos utilizados pelos Olmecas entre 1800 e 1000 a.C., para armazenar, preparar e servir cacau e seus derivados.



Fonte: Powis et al. (2011)

Esses artefatos arqueológicos eram utilizados pelos Olmecas, mais precisamente no auge do poder do Lorenzo, para o uso de cacau e seus derivados, como parte de um ritual mortuário para vítimas acidentais (POWIS et al., 2011).

Pesquisas mais recentes, realizadas no sítio arqueológico de Santa Ana-La Flórida no Equador, lideradas por Sonia Zarrillo e Michael Blake da University of British Columbia, da qual participaram mais de uma dúzia de pesquisadores internacionais, cujos resultados foram publicadas no periódico *Nature Ecology and Evolution* em 2018, trouxeram evidências arqueológicas que indicam o uso de cacau pelos povos Mayo-Chinchiipe, há mais de 5.300 anos, sendo considerada a mais antiga evidência de uso de cacau nas Américas, como pode ser observado nos artefatos arqueológicos (FIGURA 2) utilizados, que deram positivo para a presença de DNA de *Theobroma cacao* (ZARRILLO et al., 2018).

Figura 2. Amostra de artefatos arqueológicos utilizados pelos Mayo-Chinchiipe nos anos 3.500 a.C., para armazenar, preparar e servir cacau e seus derivados.



Legendas: a. Garrafa de estribo em forma de efígie humana; b. Garrafa de estribo em forma de rosquinha; c. Tigela de pedra com ranhuras em incisão.

Fonte: Zarrillo et al. (2018)

Essas evidências arqueológicas indicam que os ancestrais dos povos Maias não foram os primeiros a domesticarem o cacau nem os pioneiros na preparação do chocolate, mas sim herdaram essa cultura de outros povos antigos que habitavam a região equatorial das Américas, uma vez que o domínio Maia só iniciou em 1.000 a.C.

Quanto ao primeiro contato dos europeus com o cacau, há registros históricos que foi no século XV quando os mesmos observaram que as sementes de cacau secas eram utilizadas pelos Maias como moeda de trocas e de pagamento de tributos. Além disso, observaram que as suas sementes eram utilizadas em cerimônias de nascimento e como presente de casamento e ainda eram guardados pelos imperadores desse povo, como símbolo de riqueza e poder (KIM, 2007).

Apesar de ter a sua origem nas cabeceiras do Rio Amazonas, as suas sementes foram se expandindo em duas direções principais, originando duas variedades conhecidas como: Criollo e Forastero. O Criollo, que se espalhou em direção ao norte, para o rio Orinoco (um dos principais rios da América do Sul), passando pela Venezuela e penetrando na América Central e Sul do México, sendo a variedade cultivada pelos Maias. Já o Forastero espalhou-se pela bacia amazônica abaixo e em direção às Guianas (CEPLAC, 2020a).

De acordo com Cuatrecasas (1964), além do criollo e do forastero, existe outra variedade de cacau explorado comercialmente, o trinitário, de acordo com a Figura 3.

Figura 3. Variedades comerciais de cacau



Fonte: Adaptado de Perina (2017)

De acordo com SENAR (2018) o criollo responde por cerca de 5% da produção mundial de cacau e foi a primeira variedade cultivada nos países da América Central, mais especificamente, Costa Rica, Honduras e México. Nestes países se encontravam no passado os antigos povos olmecas, maias, toltecas e astecas. As amêndoas são grandes e a coloração é clara ou roseada, de baixa acidez e pouco sabor amargo. Apesar de ser considerada nobre, com atributos de ser mais fino e aromático, é muito suscetível a doenças e pouco produtivo. O forastero, ou forasteiro, hoje representa 80% da produção mundial, produzida no Brasil e principalmente no Continente Africano, tendo as amêndoas achatadas e de coloração violeta, possui maior tolerância a doenças, além de alta produtividade. Já o trinitário (criado em Trinidad e Tobago) representa 15% da produção mundial e é uma variedade híbrida, proveniente do resultado do cruzamento do forasteiro e do criollo, resultando numa variedade mais resistente a doenças e com alta produtividade como o Forastero.

Apesar de várias versões sobre a origem geográfica do cacau, seus primeiros domesticadores e exploradores, sabe-se que a sua expansão pelo mundo afora foi devida ao império europeu na era dos descobrimentos e expansão. Desde o seu contato com os colonizadores o cacau foi ganhando importância econômica com a expansão do consumo de chocolate. Há registros históricos que o primeiro cultivo comercial do cacau se deu na ilha de Trinidad (Trindade e Tobago) em 1525, quando os colonizadores espanhóis plantaram a variedade criollo na ilha, trazida de populações silvestres da Venezuela. Já no séc. XVIII, precisamente no ano de 1757, foi introduzida a variedade forasteiro nas ilhas, também trazida da Venezuela, sendo que a planta dessas duas variedades deu origem ao híbrido trinitário, que pela sua tolerância às principais doenças de cacau, bem como a sua alta produtividade, fez com que Trinidad e Tobago se transformasse em um dos maiores produtores de cacau no mundo, no ano de 1830 (BEKELE, 2004). Entretanto, Lima e Silva Neto (2017) sugerem que em torno do séc. XVIII os espanhóis encontraram um centro de diversidades de cacau no sul do México e na América Central, que possivelmente tinha sido cultivado pelos Maias.

De acordo com Vallenilla (1996), o primeiro registro histórico sobre o cultivo do cacau no período pós-descoberto da Venezuela foi feito em 1761 pelos frades franciscanos (Ordem dos Frades Menores Capuchinhos) quando os mesmos começaram a colonizar a população indígena. Um relatório oficial indicava que em torno de Carúpano e do vizinho Rio Caribe existiam 40 plantações com mais de 53.000 cacauzeiros, que produziam uma safra anual de aproximadamente 15 toneladas (VALLENILLA, 1996). Por sua vez, Kim (2007) pontua que a história comercial do cacau na Venezuela vem desde o início da segunda metade da década de 1520, cerca de 30 anos após o descoberto do território pelo navegador espanhol Cristóvão Colombo. Nesse período houve a introdução de mão-de-obra escrava trazida do Continente Africano para trabalhar nas plantações. Entretanto, o território foi praticamente ignorado pela coroa espanhola durante 2 séculos seguintes, uma vez que os colonos espanhóis estavam voltados à exploração de outros territórios. Nesse período os venezuelanos começaram a domesticar sua lavoura e cultivar cacauzeiro, iniciando pela variedade criollo, consagrando a Venezuela, em 1620, como um dos principais exportadores de cacau do mundo.

Já no Brasil o cultivo comercial iniciou oficialmente em finais da década de 1670, com a autorização na Carta Régia para os colonizadores fazerem a sua planta no estado do Pará, uma vez que a cacauicultura se destacou então como a maior fonte de riqueza do vale amazônico. No entanto, o cultivo do cacauzeiro na região se dava em pequena escala porque a maior parte das sementes era obtida em árvores espalhadas pela floresta (PRADO JÚNIOR,

1978). Não obstante, o porto que atendia o escoamento de toda a produção da Amazônia Brasileira estava em local inadequado e não apresentava condições adequadas de estocagem, como a higiene e a baixa umidade. Era localizado na chamada região dinâmica, onde havia sido fundada a capital Belém, implicando fretes altíssimos, tanto pelos pequenos volumes a serem exportados, quanto pelas dificuldades de aportes de barcos oriundos da Europa e dos Estados Unidos da América (EUA). Nessa conjuntura, os comerciantes preferiam utilizar os portos de Recife-PE e Salvador-BA, acarretando maiores custos (MARTA, 2018). Esse cenário foi mudando após a introdução do cacau no Sul da Bahia na primeira metade do século XVIII.

A história do cacau na Bahia se inicia em 1746, quando um agricultor baiano, Antonio Dias Ribeiro, recebeu de um colonizador francês do Pará, Louis Frederic Warneaux, algumas sementes de cacau da variedade forastero e introduziu o cultivo no sul do estado da Bahia. A planta se adaptou bem na região, devido as suas características edafoclimáticas, passando a liderar a produção nacional no início do século XX (ASSAD, 2017). Entretanto, importa salientar que no período inicial da plantação comercial de cacau no Brasil, período esse que vai de 1746 a 1963, o método utilizado para plantação era de corte e queima, ou seja, toda a vegetação florestal era derrubada e, em seguida, queimava-se o material cortado. Só assim eram semeadas as sementes de cacau (PIASSENTIN; SAITO, 2014).

Assim, no final do século XIX, a cultura de cacau passou a ser considerada como uma importante atividade econômica, com o viés exclusivamente lucrativo, quando o capital comercial começa a preponderar como incentivador da sua evolução no sul da Bahia.

A primeira exportação oficial da produção do Sul da Bahia ocorreu em 1825 quando foram embarcadas 26,8 modestas toneladas com destino à Inglaterra. A produção na região foi aumentando paulatinamente, atingindo em 1880, pouco mais de 1,6 mil toneladas. Daí por diante é uma ascensão brusca: 3,5 mil toneladas em 1890, 6,7 mil toneladas em 1895 e 13,1 mil toneladas em 1900, sendo responsável por formação de uma região dinâmica na geração de divisa para o país (PRADO JÚNIOR, 1978). Entretanto, houve também período de crises, ligado ao preço e à falta de tecnologia de produção (COSTA; SOARES, 2016).

Entre as décadas de 1970 e 1980 a produção brasileira de cacau chegou a ultrapassar a marca de 470 mil toneladas por ano, alcançando mais de 66 mil propriedades, sendo a maior parte de agricultura familiar (SILVA NETO et al., 2001; IBGE, 2020). Entretanto, a segunda metade da década de 1980 foi marcada pela queda brusca da produção do cacau no Brasil, causada pelo aparecimento e a propagação da doença da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) na Bahia (EVANS & BARRETO, 1996; ESALQ/USP, 2016). O primeiro local em

que foi identificada a infecção de cacauzeiros pela vassoura-de-bruxa, foi na Fazenda Conjunto Santana, localizada no município de Uruçuca-BA, em maio de 1989 (PEREIRA; ALMEIDA; SANTOS, 1996).

A vassoura-de-bruxa é a principal doença do cacauzeiro no Brasil, podendo causar perdas de até 90% na produção, atacando principalmente os tecidos meristemáticos, o que provoca sintomas característicos de desequilíbrio hormonal na interação patógeno-hospedeiro (EVANS; BARRETO, 1996; RESENDE et al., 2007). Os tecidos infectados perdem a dominância apical e sofrem hipertrofia, resultando na formação de vassouras. As vassouras, quando verdes, fotossintetizam em um estágio inicial, mas eventualmente morrem, tornam-se secas e produzem basidiocarpos contendo basidiósporos infecciosos (WHEELER, 1985).

Além de vassoura-de-bruxa, existem outras pragas que afetam a produção de cacau na Amazônia brasileira, como o caso de coleóbroca-dos- frutos, causada pela infestação de *Conotrachelus humeropictus*, embora menos severas podem causar danos de até 50% da produção. *C. humeropictus* é um inseto, cujas larvas formam galerias nos frutos do cacauzeiro, causando estragos que depreciam o produto e perdas na produção (TREVISAN, 1989).

Muito antes do declínio do cacau no Brasil, mais precisamente na primeira metade do séc. XIX a cultura do cacau foi se espalhando por outros continentes. O primeiro local fora das Américas a ter a plantação comercial do cacau foi São Tomé e Príncipe (antiga colônia Portuguesa formada por 2 ilhas, localizadas na Costa Ocidental Africana), quando por volta de 1855 foi levado do Sul da Bahia até essas ilhas (CEPLAC, 2020a). Entretanto, há registros históricos que as primeiras sementes foram introduzidas na ilha do Príncipe em 1822, como planta ornamental, na época em que a economia de São Tomé e Príncipe era baseada na monocultura do café arábica (*Coffea arabica*) (SEIBERT, 2015).

Com a introdução do cacauzeiro nas ilhas (São Tomé e Príncipe), e com a perda do território brasileiro, por conta da independência do Brasil, os colonos portugueses intensificaram o cultivo de cacau no país através da exploração de mão-de-obra escrava, até que em 1913 o país ficou conhecido como o maior produtor de cacau no mundo, com a produção de cerca de 35 mil toneladas, numa área produtiva que ocupava 3/4 do país, cerca de 10 mil hectares (SEIBERT, 2015). Entretanto, a história da produção de cacau de São Tomé e Príncipe foi marcada por 3 (três) períodos de declínio, responsáveis pela redução da produção do cacau do país, para pouco mais de 4 mil toneladas em 2018.

O primeiro período de declínio se acentuou na década de 1920 devido à natureza dos sistemas de trabalho das plantações e ao declínio do trabalho forçado, pois o modelo econômico

do desenvolvimento do país dependia sucessivamente da escravidão e da contratação de mão-de-obra migrante (FRYNAS; WOOD; OLIVEIRA, 2003). Por outro lado, Seibert (2002) destaca que nesse período as plantações foram infestadas por tripes-do-cacaueiro (*Selenothrips rubrocinctus*).

Com a abolição da escravatura e a regulação do contrato de trabalho esforçado, elevando o custo com mão-de-obra para cerca de 70% do total dos custos, bem como a infestação por *S. rubrocinctus* a produção de cacau no país baixou para cerca de 9,6 mil toneladas em 1930. O segundo período ocorreu após a independência do país em 1975, quando da fuga da elite portuguesa altamente qualificada no cultivo, trato cultural e beneficiamento primário do cacau. Nem os nativos nem os contratados detinham conhecimentos técnicos suficientes para o gerenciamento produtivo do cacau (SEIBERT, 2002).

Após esse período o país produziu pouco mais de 5 mil toneladas. O terceiro período ocorreu entre o final da década de 1980 e o início da década de 1990 com a baixa do preço do cacau no mercado internacional. A queda do preço foi de cerca de 66% (SEIBERT, 2002; FRYNAS; WOOD; OLIVEIRA, 2003; CUENCA; NAZÁRIO, 2004; ZUGAIB; BARRETO, 2015). Essa baixa de preço no mercado internacional, atrelado ao custo excessivo com a mão-de-obra e escassez de mão-de-obra qualificada, motivaram abandono de algumas lavouras. Hoje o país produz pouco mais de 4 mil toneladas, entretanto a qualidade do cacau produzido nas ilhas é reconhecida no mercado internacional. sendo 35% da sua produção classificada como cacau *flavour*¹ (OWUSU, 2010).

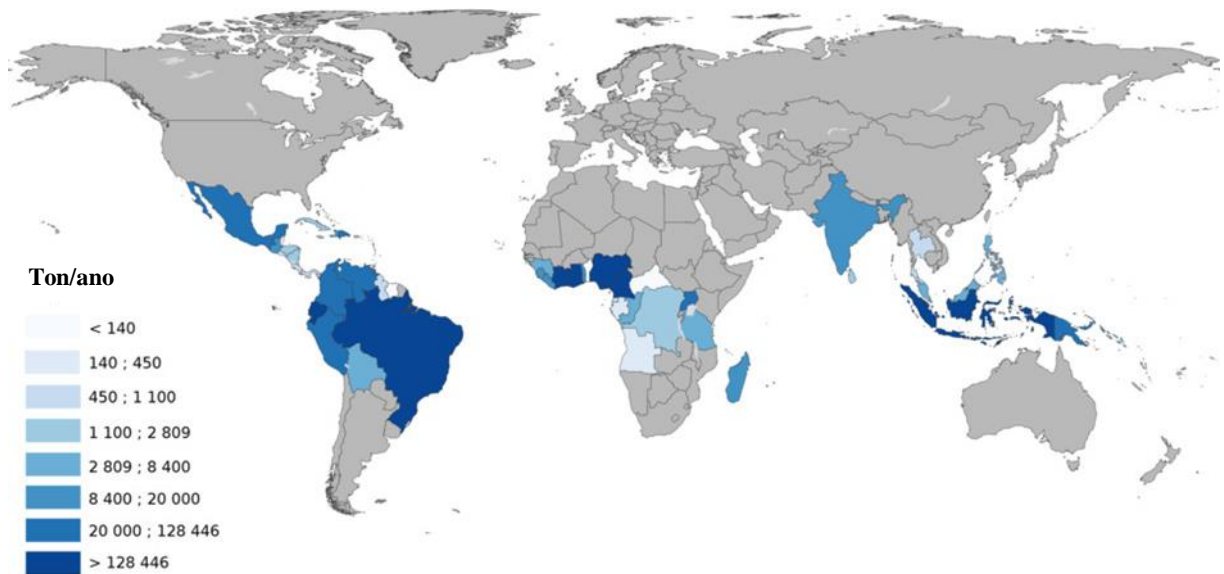
Após São Tomé e Príncipe, o cacau foi levado para as ilhas vizinhas de Fernão Pó (atual Bioko), pertencente à Guiné Equatorial, que por sua vez fez chegar ao continente entre a década de 1910 e 1920, se iniciando na antiga Costa do Ouro, que é a atual Gana (OFORI et al., 2016) e no Oeste da Nigéria, e posteriormente a Costa do Marfim (CHAUVEAU; LÉONARD, 1996). Assim, no período que se seguiu ao fim da Segunda Guerra Mundial, mais precisamente o declínio e a abolição do regime colonial, surgiram novos produtores de cacau na África e na Ásia. Regulações mais flexíveis sobre a proteção das reservas florestais e a mobilidade do trabalho desempenharam um papel importante nesse processo. Com isso, após 1960 a Costa do Marfim abriu suas reservas florestais e acolheu imigrantes do interior do Sudão para trabalhar

¹ O cacau *flavour* ou cacau fino são amêndoas de cacau reconhecidas por sabor e cor únicos e produzidas em países designados pelo Acordo Internacional de Cacau na Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento em 2010. Os países produtores desse cacau são Madagascar e São Tomé e Príncipe na África, Bolívia, Colômbia Costa Rica, Equador, México, Peru e Venezuela nas Américas, Indonésia e Papua Nova Guiné na Ásia e Oceania (OWUSU, 2010).

nas plantações e se consagrou como o maior produtor mundial de cacau (CLARENCE-SMITH, 1996).

Nesse contexto, apesar de ter a sua origem na região amazônica, a plantação de cacau se estendeu por toda o espaço geográfico do cinturão tropical, ou seja, desde a região central das Américas, passando da costa ocidental do Continente Africano, até a área entre o sul do Continente Asiático e o Norte da Oceania, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4. Mapa de diferentes regiões produtoras do cacau no mundo.

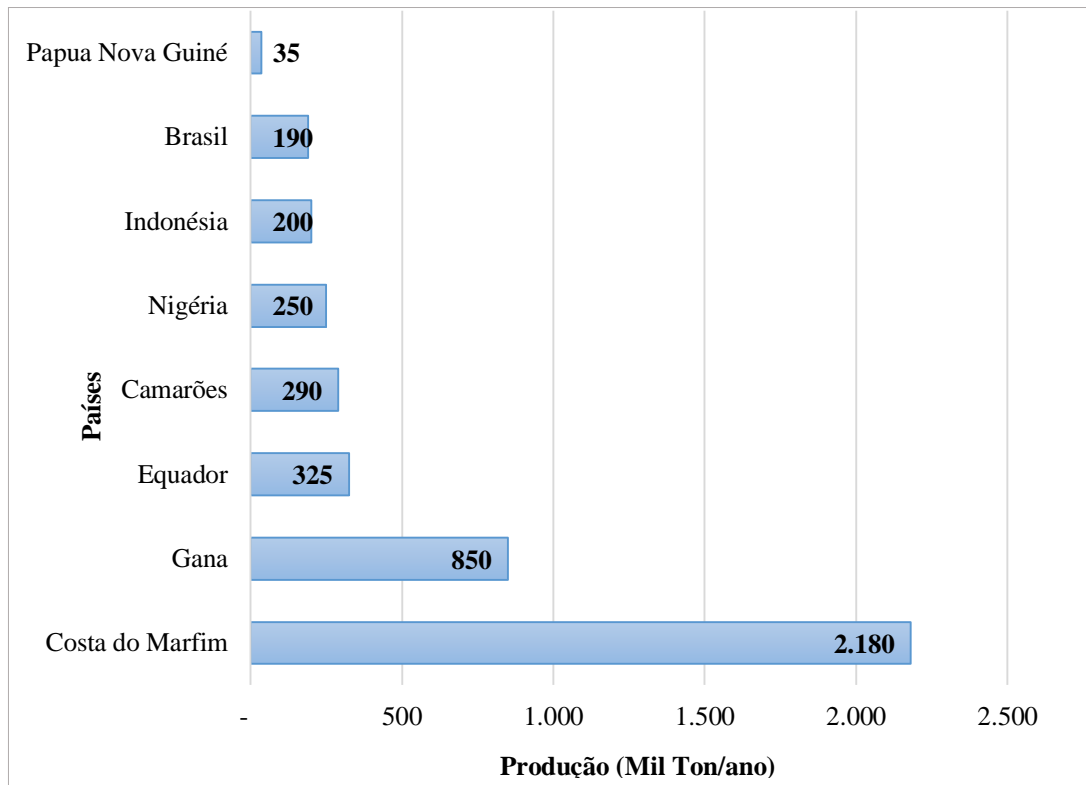


Fonte: WASC (2016)

Pode-se observar na Figura 4 que a produção do cacau no mundo se concentra na região de florestas tropicais, se estendendo da América Central, Caribe e o centro-norte da América Latina, passando da Costa Ocidental Africana até o sul do Continente Asiático e a Oceania. Assim, apesar da Bacia Amazônica ser o centro de origem do cacau e consequentemente um dos principais centros de diversidades, o Continente Africano se destaca no *ranking* mundial, sendo responsável por cerca de 76% desse mercado, conforme a Figura 5.

Atualmente, a Costa do Marfim lidera a produção mundial com cerca de 2,18 milhões de toneladas de amêndoas de cacau, seguida por Gana com cerca de 850 mil toneladas, representando cerca de 41% e 20% da produção mundial, respectivamente. O terceiro maior produtor de cacau do mundo é o Equador com a produção de cerca de 325 mil toneladas, seguida por Camarões com 290 mil toneladas, Nigéria com 250 mil toneladas e Indonésia com cerca de 200 mil toneladas (STATISTA, 2020).

Figura 5. *Ranking* mundial de produção de amêndoas de cacau, safra 2019/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Statista (2020)

Na safra 2019/2020 o Brasil ocupou a 7ª posição (FIGURA 5), com cerca de 190 mil toneladas, sendo explorada comercialmente em (seis) estados, especificamente Pará, Bahia, Espírito Santo, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia. O *ranking* é liderado pelo estado do Pará, com cerca de 50% da produção nacional, a seguir é o Estado da Bahia com 44%. O terceiro lugar é ocupado pelo Estado do Espírito Santo (4%), enquanto Rondônia ocupa o 4º com produção média de 5 mil toneladas, cerca de 2% da produção nacional (IBGE, 2020).

2.2 A trajetória do cacau no Estado de Rondônia

O Estado de Rondônia já foi um dos principais produtores de cacau do país. O registro histórico data de 1790, do qual se descreve a ocorrência de populações silvestres de cacauzeiros na ocasião da demarcação de limites de terra entre Portugal e Espanha. No registro narra-se a abundância de madeiras de qualidade e de “drogas do sertão”, sendo uma delas o cacau, às margens do Rio Madeira e às margens da antiga Estrada de Ferro Madeira Mamoré, precisamente na localidade de Chocolatal, região hoje que pertence ao município de Nova Mamoré (ALMEIDA; MATOS; DESTRO, 2011).

Apesar de ter sido registrada a ocorrência em 1790, o seu plantio comercial em Rondônia iniciou-se apenas na década de 1970. O Centro de Pesquisa de Cacau (CEPEC), pertencente à CEPLAC, elaborou estudo de viabilidade para a cacauicultura na região, uma vez que o sucesso era gritante no Sul da Bahia (ÁLVARES-AFONSO, 1986).

Foi nesse período que a colonização oficial do então Território Federal de Rondônia ganhou forças e imprimiu uma nova configuração na sua ocupação. Pois, antes, com o fim dos 2 (dois) ciclos da borracha, ocasionados com o fim da segunda guerra mundial e com a exploração das seringueiras no Continente Asiático, respectivamente, o processo de povoamento e a atividade econômica da região estava em decadência, vivendo basicamente do extrativismo. Assim, ocorreu o processo de assentamento do INCRA, para a região distribuindo pequenas propriedades de, em média, 35-50 ha de área arável, destinadas a migrantes descapitalizados que se deslocaram para a região. Assim, garantia-se, a um só tempo, melhores meios de vida com plantios de plantas perenes, do qual incluía o cacau (SYDENTRICKER NETO, 1992).

Nesse contexto, o convênio celebrado entre INCRA e CEPLAC, em 1971, tornou a atividade cacauera alternativa de exploração para a ação colonizadora e desenvolvimentista implementada pelo INCRA na região, o que possibilitou a criação de polos cacaueros fora das tradicionais zonas produtoras do Sul da Bahia, que detinha, na época, cerca de 95% da produção brasileira (ALMEIDA; MATOS DESTRO 2011). Assim, inicialmente em 1971, foram plantados 13 ha de cacaueros na região de Ouro Preto do Oeste-RO, em área do antigo Projeto Integrado da Colonização do INCRA. Posteriormente, na década de 1980 foram plantados nove mil ha de cacaueros em Ariquemes-RO, precisamente nos projetos Burareiro e Marechal Dutra. Como parte do projeto de expansão de polos cacaueros fora do Sul da Bahia, foi criada em 1987, em Ariquemes, a Escola Média de Agropecuária Regional visando a formação de recursos humanos qualificados em técnicas agrícolas para apoiar o crescimento e o fortalecimento da atividade cacauera na região.

Outro marco temporal sobre a cacauicultura no Brasil que beneficiou o estado de Rondônia, foi a implantação do programa do Governo Federal, o Plano de Diretrizes para a Expansão da Cacauicultura Nacional (PROCACAU), que tinha como objetivo implantar 300 mil hectares de novos cacaueros e a renovação de outros 150 mil hectares em plantações decadentes e de baixa produtividade. Dentre os estados beneficiados, estava o estado de Rondônia com cerca de 100 mil hectares. Entretanto, entraves estruturais, como dificuldade em regulamentação das terras, acesso ao crédito rural, além de carência de rodovias de acesso a

todo estado, só se plantou cerca de 41 mil hectares de cacau no estado (ALVARES AFONSO, 2008; CEPLAC, 2020a).

Desde então a cultura do cacau foi se expandindo em Rondônia, ocupando cerca de 48 (quarenta e oito) municípios, incluindo a capital Porto Velho, sendo que o cultivo comercial e tecnificado se concentravam em 31 (trinta e um) municípios, especificamente Ariquemes, Theobroma, Machadinho, Cacaulândia, Cujubim, Alto Paraíso, Rio Crespo, Buritis, Campo Novo de Rondônia, Monte Negro, Gov. Jorge Teixeira, Ji-Paraná, Presidente Médici, Urupá, Ouro Preto d'Oeste, Jarú, Nova União, Teixeirópolis, Mirante da Serra, Alvorada do Oeste, Vale do Paraíso, Ministro Andreazza, Cacoal, Rolim de Moura, São Felipe, Santa Luzia, Corumbiara, Colorado do Oeste, Cerejeiras, Pimenteiras e Cabixi (SILVA NETO et al., 2013).

Apesar de ter se expandido em mais de 90% dos municípios o cultivo de cacau comercial enfrentou vários períodos de crise, ao longo dos últimos 40 (quarenta) anos. Almeida, Matos e Destro (2011) apontam 7 (sete) principais problemas que causaram essa crise:

- i) Insuficiente conhecimento da enfermidade vassoura-de-bruxa, de seu hospedeiro e das condições climáticas regionais, sobretudo nas décadas de 1970 e 1980;
- ii) Agricultores sem tradição em ações associativas e cooperativas, ficando à mercê dos intermediários que estabeleciam preços aviltantes para o cacau em amêndoas;
- iii) Novo aprendizado para o manejo do cultivo do cacau na região, especialmente no estabelecimento do sombreamento definitivo;
- iv) Agricultores sem tradição com o cultivo do cacau, desconhecendo suas peculiaridades ou um padrão referencial de exploração;
- v) Agricultores sem tradição no uso de técnicas de cultivo mais avançadas, acostumados à prática de plantios rudimentares para subsistência alimentar da família, ou seja, traziam experiências de uma agricultura de baixo padrão tecnológico;
- vi) Aparecimento de novas pragas e doenças e a falta de tecnologias apropriadas para controle;
- vii) Insuficiência de mão-de-obra qualificada na região, o que contribuía para que o trabalho remunerado no meio rural atingisse patamares incompatíveis com a realidade econômica da atividade cacauífera ou de quaisquer outras atividades agrícolas.

Além de problemas estruturais ligados a falta conhecimento para combate a principais pragas, bem como falta de tecnologias e mão-de-obra qualificada, a cacauicultura do Estado de Rondônia foi afetada pela baixa de preço do cacau no mercado internacional, na ordem de até 49,4% entre a década de 1980 e 1990 (ZUGAIB; BARRETO, 2015). Esse período de crise ocasionou o abandono e a erradicação de expressivas áreas de cacau, cerca de 35 mil hectares, o que carretou a redução da produção do cacau no Estado, decorrente da baixa produtividade, chegando em média a 300 kg por hectare. Nesse período, uma parte considerável dessa área foi substituída por área de pastagem (ALVARES AFONSO, 2008).

Essa primeira fase da crise perdurou até 1994 quando a cotação do cacau no mercado internacional saiu do patamar de US\$ 1.000,00 por tonelada. Dentro do pacote da assistência técnica proporcionada pela CEPLAC, destaca-se a Difusão e transferência de tecnologias para cacau em Sistemas Agroflorestais e o controle de vassoura-de-bruxa, sendo os programas de melhoramento genético, um dos maiores desafios.

Como resultado, em 2005 a cacauicultura ocupava uma área de cerca de 40 mil hectares do estado de Rondônia, atendendo cerca de 9.638 famílias, chegando a produzir cerca de 20 mil toneladas por ano, com uma produtividade média de 600 kg/ha (FIGURA 6).

Figura 6. Os dez maiores municípios produtores de cacau em Rondônia (2005)

Municípios	Área produtiva (ha)	Produção (ton)	Produtividade (kg/ha)
Ariquemes	7.520	4.647	618
Jaru	6.950	4.524	651
Cacaulândia	3.885	2.459	633
Buritis	3.028	1.750	578
Ouro Preto do Oeste	1.945	1.175	604
Campo Novo de Rondônia	2.045	975	477
Theobroma	950	552	581
Mirante da Serra	980	530	541
Governador Jorge Teixeira	835	481	576
Machadinho do Oeste	800	450	563
Subtotal	28.938	17.543	606*
Outros Municípios	5.613	3.189	568
Total Geral	34.551	20.732	600*

*Corresponde à Produtividade média de amêndoas de cacau no Estado de Rondônia

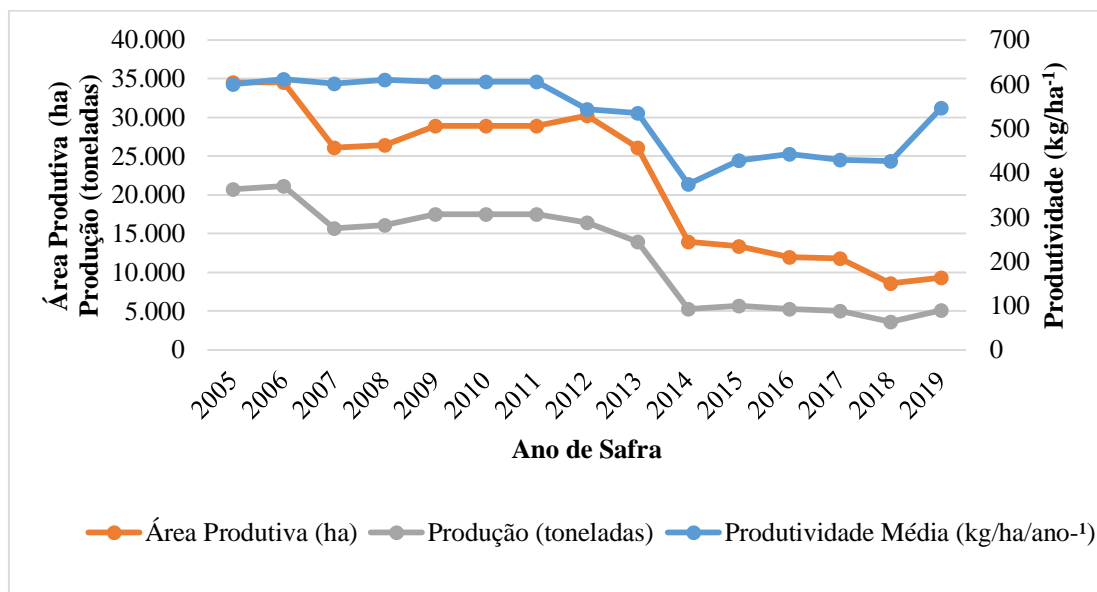
Fonte: Adaptado de Alvares Afonso (2008)

Os 10 (dez) maiores produtores de cacau na altura eram os municípios de Ariquemes, Theobroma, Machadinho do Oeste, Cacaulândia, Buritis, Campo Novo de Rondônia, Governador Jorge Teixeira, Ouro Preto do Oeste, Jaru e Mirante da Serra.

Pode-se observar ainda que os 3 (três) maiores produtores de cacau eram os Municípios de Ariquemes, Jaru e Cacaulândia. Ariquemes liderava a produção com 4.647 ton/ano, seguido de Jaru com 4.524 ton/ano e Cacaulândia com 2.459 ton/ano. Esses 3 municípios já foram responsáveis por mais de 53% da área produtiva e mais de 56% do total produzido no Estado. Importa informar que o município de Cacaulândia pertencia ao município de Ariquemes, sendo desmembrado em 1992. Isso reforça que a região de Ariquemes foi a maior beneficiada com a criação de polos cacauzeiros fora das tradicionais zonas produtoras do Sul da Bahia, entre as décadas de 1970 e 1980.

Entretanto, a cultura de cacau tem vindo a ser ameaçada no estado de Rondônia, como em restante do país, uma vez que a produção caiu de cerca de 20 mil toneladas em 2005 para cerca de 5 mil toneladas na safra de 2019, como pode ser observado no gráfico seguinte (FIGURA 7)

Figura 7. Evolução da produção, área produtiva e produtividade de cacau em Rondônia entre os anos de 2005 e 2019



Fonte: Dados da pesquisa, adaptado de IBGE (2020)

Pode-se observar na Figura 7 que desde 2007 a produção do cacau, bem como a área produtiva, vem caindo drasticamente, com destaque para a queda acentuada, tanto da produção, como da área produtiva, no ano de 2014. Estas variações negativas podem ter várias explicações. Mas a que o presente trabalho de tese defende é explicada pela a relação inversa entre a área produtiva de cacau e área produtiva de soja (SANTOS; LIMA; SOUZA JÚNIOR, 2018).

Santos, Lima e Souza Júnior (2018) analisaram a relação entre a variação da área produtiva de cacau e a variação da área produtiva de soja (*Glycine max*) no Estado de Rondônia e o resultado indicou uma associação negativa, forte e estatisticamente significativa, com o coeficiente de correlação de Pearson (r) de -0,881 e o p -value de 0,000. Apesar de o estudo não mostrar a relação causal, essa relação mostra *insights* para tal.

Além da queda da produção e da área produtiva, observa-se ainda que a produtividade média do estado vem diminuindo, saindo de cerca de 600 kg/ha, em 2005, para cerca de 400 kg/ha, no ano de 2014. Nos últimos 5 anos, observa-se um ligeiro aumento de produtividade, entretanto, abaixo de 600 kg/ha/ano, já alcançados anteriormente.

Esta baixa produtividade pode ser explicada pela falta de acompanhamento técnico das lavouras, ou mesmo, por falta de tratamentos culturais por parte dos próprios pequenos produtores uma vez que as condições edafoclimáticas do Estado de Rondônia favorecem a colheita, sem tratamentos culturais, apesar de se tornarem menos produtiva em relação às lavouras com o devido acompanhamento técnico e tratamento cultural.

Portanto, o que se observa no estado de Rondônia é bastante preocupante no que toca ao desenvolvimento sustentável local. Nesse sentido a seção seguinte discorre sobre teorias do desenvolvimento e a cacauicultura no Estado de Rondônia.

2.3 Teorias do desenvolvimento e a cacauicultura

Desde o início da humanidade os homens têm a natureza como a fonte do seu sustento. Mas, com os avanços, os seres humanos passaram a explorar a natureza além das suas necessidades básicas, ou seja, para acúmulo de riquezas, deixando em segundo plano as dimensões social e ambiental. Essa tendência foi se expandindo com o advento da revolução industrial, o que intensificou a exploração do meio ambiente e a mão-de-obra-direta. A agricultura, por outro lado, também foi por muito tempo um dos segmentos que mais degradaram o meio ambiente e mobilizou trabalhos escravos em todo mundo, inclusive no Brasil, com finalidade de acúmulo de riquezas.

Como pontuam Santos et al. (2000), no Brasil o desenvolvimento, tanto político quanto econômico, partiu primeiramente da economia agrária tropical, baseada no latifúndio e na mão-de-obra escrava. Esses cenários foram mudando com manifestações internacionais, que levaram ao estabelecimento de fóruns globais sobre as questões ambientais e sociais, tais como *World Commission on Environment and Development*, em 1987 e *United Nations Conference on the Environment and Development*, em 1992 (EGRI; PINFIELD, 1998). Em resposta à essas

pressões, diversas empresas, de diferentes segmentos empresariais, inclusive do agronegócio, passaram a agir em prol das questões socioambientais, bem como a divulgar relatórios ou balanços sociais anuais, contendo descrições sobre as ações realizadas para a comunidade, meio ambiente e em relação aos funcionários, deixando de se preocupar apenas com os acionistas (*stakeholders*).

No Brasil, o agronegócio é um dos maiores impulsionadores da balança comercial, responsável por cerca de 43% das exportações e empregando 1 em cada 3 brasileiros (CNA, 2020). A cultura do cacau é também uma cultura de interesse agropecuário do país, sendo que a sua cadeia produtiva movimenta cerca de 1% do PIB. Entretanto, maior parte da produção do cacau no país é para alimentar as indústrias de derivados do cacau instaladas no país, tendo que importar de Gana, o segundo maior produtor, entre 30 e 60 mil toneladas anualmente para suprir a demanda dessas indústrias (AIPC, 2020).

No caso específico do Estado de Rondônia, ao contrário de Pará, Bahia e Espírito Santo, não possui nenhum parque industrial de processamento de amêndoas de cacau, sendo que quase toda a produção do estado é vendida às grandes indústrias de moagem mundiais, instaladas em Rondônia, apenas para compra das amêndoas dos pequenos e médios produtores do estado. Por outro lado, cerealistas locais também compram cacau dos pequenos agricultores com intuito de “atravessar” para essas indústrias, ou outras, instaladas em outros estados.

Portanto, apenas a etapa menos rentável da cadeia produtiva do cacau² é movimentada no Estado de Rondônia, a produção de amêndoas. É nesse contexto que a presente seção aborda sobre os aspectos socioeconômicos da produção de cacau em Rondônia à luz da teoria dos *stakeholders* (FREEMAN, 1984) e da teoria dos polos de crescimento (PERROUX, 1955).

2.3.1 A teoria dos *Stakeholders* e a cacaicultura

Numa abordagem com grande destaque nas modernas teorias éticas e da responsabilidade social, a teoria dos *stakeholders* defende que uma organização não deve pautar-se apenas pelos interesses dos acionistas ou proprietários, mas também pelos interesses dos outros *stakeholders* (partes interessadas), nomeadamente os empregados, gestores,

² A cadeia produtiva do cacau envolve basicamente 4 (quatro) etapas. A primeira acontece na propriedade rural, que se inicia com a implantação da lavoura, trato cultural, colheita e beneficiamento. A segunda etapa acontece na intermediação, na qual compradores de cacau beneficiado revendem o cacau às grandes indústrias de moagem de cacau. Na terceira etapa, a industrialização, essas grandes indústrias processam as amêndoas de cacau em produtos intermediários utilizados posteriormente nas indústrias de derivados finais de chocolate, nomeadamente Líquor de cacau (pasta de cacau), manteiga de cacau, cacau em pó, nibs de cacau e etc. A quarta etapa acontece nas indústrias de chocolate e subprodutos de chocolate. Importa salientar, que a maior rentabilidade acontece na quarta etapa e a menor na primeira etapa (PINA, 2013).

comunidade local, clientes e fornecedores (FREEMAN, 1984). É nessa perspectiva que a presente subseção propôs a utilização da teoria dos *stakeholders* para fundamentar a relação entre a cadeia produtiva de cacau e a distribuição de renda dos produtores locais, como uma das partes interessadas.

Nas últimas três décadas, a teoria dos *stakeholders* vem sendo utilizada na tomada de decisões socioambientais. Essa evolução reflete uma série dos desenvolvimentos ambientais, políticos, sociais e tecnológicas que começaram a produzir alterações significativas nas tomadas de decisão em relação ao desenvolvimento sustentável. As maiores causas da abordagem dessa teoria no processo de tomada de decisão socioambiental são: a falta de confiança do público quanto à credibilidade do governo e das instituições privadas na tomada de decisões ambientais, falta de transparência das instituições cujas decisões afetam a qualidade do meio ambiente; maiores expectativas da sociedade para a melhoria da qualidade do meio ambiente; a necessidade dos cidadãos participarem como *stakeholders* secundários, a crescente difusão da tecnologia da informação e compromissos políticos feitos por agências governamentais e indústrias para incluir partes interessadas nos seus processos de tomada de decisão (YOSIE; HERBST, 1998).

A relação entre desenvolvimento e meio ambiente interfere diretamente nas atividades agropecuárias, uma vez que estas estão no centro de todo o processo que envolve, a utilização de recursos naturais, a geração de resíduos e a capacidade de suporte do planeta, tanto no suprimento de recursos, quanto na recepção de resíduos (BORGES, 2007).

Neste cenário, as questões ligadas ao desenvolvimento, têm que estar atreladas ao equilíbrio entre o econômico, o social e o meio ambiente, ou seja, ao desenvolvimento sustentável. Este conceito, proposto pelo relatório de Brundtland, entende-se como sendo aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades (BARBIERI, 2004; NASCIMENTO, 2008).

Corroborando com Barbieri (2004), Borges (2007) explica que o modelo deve contribuir para gerar renda e riqueza, que são os objetivos básicos das empresas, minimizando seus impactos ambientais adversos, maximizando os benefícios, tornando a sociedade justa. Sendo assim, uma organização que segue modelos de gestão baseados em desenvolvimento sustentável é considerada responsável nas perspectivas econômica, social e ambiental. Além disso, as empresas poderão alcançar a redução de custos, aumento de qualidade, parcerias, benefícios aos *stakeholders* e novos negócios que possam sustentar uma vantagem competitiva em longo prazo.

No início da década de 1990, o sociólogo e consultor britânico John Elkington formulou o conceito *Triple Bottom Line* para representar a sustentabilidade de qualquer atividade empresária. O conceito se refere a geração de renda e riqueza, que são os objetivos básicos de qualquer organização que vise lucro, minimizando seus impactos ambientais adversos, maximizando os benefícios, tornando a sociedade justa.

De acordo ao conceito, o econômico se refere a multiplicação do capital investido, o ambiente significa minimizar os impactos ambientais, enquanto a dimensão social é a mais focada aos *stakeholders* externos. Compreende um comportamento socialmente responsável e antecipador, ou seja, as empresas adotam uma atitude proativa e preventiva. Empresas que adotam esse tipo de abordagem procuram ir além da mera ação social e da reação social, ela busca formas de resolver problemas sociais com pro-atividade, prevendo problemas sociais futuros, incorporando todos os *stakeholders* nas suas estratégias sociais, pois além de combinarem o lucro com o cumprimento de medidas legais e pressões de diferentes *stakeholders*, elas, discricionariamente adotam programas sociais nas suas estratégias de negócios, bem como financiam programas sociais que são geridos por Organizações Não Governamentais (ONG), Associações, e etc.

Assim, nas últimas duas décadas têm surgido pressões por parte dos *stakeholders* desse ramo, tentando buscar a sustentabilidade na cadeia produtiva do cacau, tendo as maiores demandas o desmatamento, a escravidão, trabalho infantil, além de exploração dos pequenos agricultores, quanto aos preços insuficientes pagos aos mesmos pelos atravessadores e/ou grandes indústrias do ramo. Essas pressões criaram uma maior conscientização do consumidor e canalizou grandes quantidades de fundos de pesquisa para as mãos daqueles que buscam soluções que atendem o modelo sustentável (DONALD, 2019).

Portanto, a indústria de cacau avançou no Brasil, mas não se tem o registro sobre o respeito à dimensão ambiental e à dimensão social, ou seja, ao sistema socioecológico envolvente, como um todo. A teoria dos polos de crescimento (PERROUX, 1955) pode explicar o avanço desse ramo, sem atender a demanda socioecológica (SOUZA, 2005).

2.3.2 A teoria dos polos de crescimento de Perroux e a cacauicultura

Souza (2005) aborda a teoria dos polos de crescimento de Perroux, envolvendo as noções de indústria motriz, formas de polarização, economias e deseconomias de aglomeração, separatismo ou renúncia de soberania e despolarização, com exemplos de sua aplicação regional. Além disso, liga a teoria dos polos com a abordagem schumpeteriana do

desenvolvimento, a teoria do crescimento endógeno e os conceitos de meios inovadores, regiões inteligentes e sistemas regionais de inovação. A ideia é a que a própria teoria dos polos possui uma abordagem endógena, noção realçada pelos conceitos de meios inovadores e afins. Estes são os núcleos das regiões inteligentes que pressupõe uma periferia.

A ideia básica é a de que a interação entre os agentes locais, formados por empresários, pesquisadores de universidades, técnicos de agências públicas e privadas de pesquisa, entre outros, é fundamental para alavancar a pesquisa tecnológica e a sua aplicação produtiva. Os sistemas de inovação centram-se na ideia de difusão das inovações dos centros nacionais para os regionais, assim como na interação entre todos os *stakeholders*. Tornam-se imprescindíveis ao desenvolvimento regional instituições eficientes, economias de aglomeração e criação e difusão de novas tecnologias. Isso implica intensa interação e cooperação entre os atores locais do desenvolvimento econômico regional (SOUZA, 2005).

Nessa perspectiva no avanço da indústria de cacau no Brasil, não se levou em conta todo o processo de desenvolvimento, apenas se focou no crescimento econômico ligados às indústrias motriz, gerando apenas crescimento polarizado, uma vez que foram concentrados em torno do Estado da Bahia e do Estado de São Paulo, que concentravam as maiores indústrias chocolateiras. Por outro lado, essas indústrias, por possuírem grande poder de mercado, e conseqüentemente ligações locais com produtores do cacau, conseguiam influenciar os preços dos produtos, muitas das vezes explorando os produtores locais.

No caso específico de Rondônia, grandes indústrias de chocolateiras se instalaram na região apenas com o intuito de comprar a matéria-prima para abastecer as grandes moageiras localizadas nos estados da Bahia e de São Paulo. Portanto, esse modelo de crescimento, tende apenas ao desenvolvimento da região onde se encontram instaladas as indústrias motrizes, e não nas regiões onde é produzida a matéria-prima.

Baseado ainda na abordagem da teoria dos polos de crescimento de Perroux, proposta em Souza (2005), o processo de colonização do estado de Rondônia, mais precisamente na introdução comercial do polo cacauero na região entre as décadas de 1960 e 1980 deveria haver uma interação entre os agentes locais, formados por famílias produtoras do cacau, pesquisadores de universidades, técnicos de agências públicas e privadas de pesquisa, entre outros, na alavancagem da pesquisa tecnológica e a sua aplicação no que toca os aspectos sociais e ambientais. Pelo que se entende, a expansão de polos cacaueros fora do Sul da Bahia, na verdade era para atender as indústrias motrizes desse ramo já instaladas, e não para promover o desenvolvimento local, uma vez que não houve instalação de indústrias locais (geração de

renda), nem tampouco utilização de tecnologias sustentáveis de produção de cacau, para garantir preço diferenciado no mercado.

Na mesma linha de pensamento Escobar (2005) aborda a relação da globalização econômica, com base em experiências locais, com destaque para a dificuldade de trabalhar realidades locais. Pois com a integração de toda as partes interessadas, tanto local como nacional, alternativas mais sustentáveis poderiam ser implementadas na introdução do cultivo comercial de cacau em Rondônia, uma vez que no binômio sociedade-natureza, o sujeito é visto dentro do ecossistema.

Ribeiro (2008) ao abordar o poder no campo do desenvolvimento, destaca que, se trata de um campo formado por muitas redes e instituições, por forma de “consorciação”, ou seja, a articulações entre os diferentes atores do campo do desenvolvimento. Além disso, desenvolvimento é tratado como uma ideologia e utopia, como um discurso atravessado por categorias culturais ocidentais e vinculado à expansão econômica capitalista. A discussão sobre os “dramas desenvolvimentistas” permite identificar dois tipos de sujeitos gerados por posições de poder diferentes, os *outsiders* e os *insiders*.

Os *outsiders* são constituídos por atores políticos (*policy makers*) e as instituições mais poderosas do campo de desenvolvimento, pretendendo desta forma planejar o futuro de uma comunidade, sendo eles designados muitas vezes como “indústria do desenvolvimento”. Esses atores se empenham na reprodução do campo como um todo, já que seus próprios interesses são intimamente conectados à existência do campo do desenvolvimento. Por outro lado, os *insiders* (comunidade local) são formados por atores e instituições menos poderosas, que acaba sendo vulnerabilizados por iniciativas de desenvolvimento que destroem as relações entre povos, seus territórios e suas culturas.

A natureza da distribuição de poder dentro do campo do desenvolvimento dependerá dos processos por meio dos quais as redes são formadas e das características das intervenções institucionais decorrentes do drama do desenvolvimento. Em tais circunstâncias, instala-se uma dicotomia. Por um lado, há os objetivos e racionalidades dos planejadores (*outsiders*), por outro lado o destino e a cultura das comunidades (*insiders*).

Portanto, analisando o modelo de desenvolvimento do estado de Rondônia, no contexto de expansão dos polos cacaeiros, observa-se que se tratou de um modelo de expansão econômica capitalista, do qual visou o aumento de insumos para as indústrias chocolateiras, fora do contexto do desenvolvimento da região, deixando a comunidade local mais vulnerável com o modelo implementado. Exemplo disso, é a substituição da área plantada do cacau, por

monocultura de soja, uma vez que a cultura de soja, apesar de ter menos preço de mercado do que cacau, possui maior produtividade e demanda menos mão-de-obra, pois é um trabalho 100% maquinizado, desde a preparação do terreno para semear, até a sua colheita, diferente da cacauicultura. Com isso, pode-se perceber que ainda existem práticas ocidentais vinculadas a expansão econômica capitalista na agricultura do estado, onde o crescimento econômico se confunde com o desenvolvimento econômico, como explicam Bonente e Almeida Filho (2008) e Lima e Simões (2010).

Bonente e Almeida Filho (2008) buscaram, através de um resgate da transmutação histórica da discussão de desenvolvimento econômico numa discussão fragmentada do surgimento de uma Nova Economia do Desenvolvimento. Pois o conceito de desenvolvimento não se limita apenas ao acúmulo de riquezas e multiplicação de capital, mas também na sua distribuição a toda parte interessada (*stakeholders*), bem como gerando garantias para a continuidade de gerações futuras se desenvolverem.

Lima e Simões (2010), por fim, tinham objetivo de analisar e descrever as principais características de quatro teorias sobre a dinâmica regional desenvolvidas no período pós Segunda Guerra Mundial, nomeadamente a Teoria dos Polos de Crescimento, da Causação Circular Cumulativa, do Desenvolvimento Desigual e da Transmissão Inter-regional de Crescimento e da Base de Exportações, para analisar a sua associação com os principais planos de desenvolvimento do Brasil, entre as décadas de 1950 e 1980. O resultado do estudo mostra que os *policy makers* procuraram seguir estas recomendações de políticas baseadas em crescimento econômico, entretanto, vários erros de interpretação levaram a resultados menos significativos que os esperados e comprometeram o desenvolvimento de longo prazo. Após período de forte intervenção estatal seguiu-se uma onda liberal, com várias mudanças, inclusive no *mainstream* econômico sobre o desenvolvimento regional.

É nessa perspectiva que tem havido pesquisas técnicas e acadêmicas para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a exploração da terra, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, um dos *Stakeholders* de maior importância, para atender o conceito de desenvolvimento, atendendo os objetivos sociais, ambientais, além dos econômicos. No ramo da cacauicultura, a produção agrícola em Sistemas Agroflorestais (SAFs) é uma das propostas de tecnologias sustentáveis para esse fim.

2.4 Cacaucultura em SAF como tecnologia de desenvolvimento sustentável local

Os sistemas agroflorestais são consórcios de culturas agrícolas com espécies arbóreas que podem ser utilizados para restaurar florestas, recuperar áreas degradadas e também servem como fonte de renda para agricultores. Pesquisa sobre SAFs iniciaram no Brasil no final da década de 1980, voltadas para avaliações biológicas e técnicas das interações entre as espécies componentes desses sistemas. Os SAFs são definidos como um sistema agropecuário diferenciado por ter um componente arbóreo ou lenhoso, o qual tem um papel fundamental na sua estrutura e função. Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm os atributos de qualquer sistema: limites, componentes, interações, entradas e saídas, relações hierárquicas e uma dinâmica própria, entretanto, com um viés ecológico uma vez que quase sempre são manejados sem aplicação de agrotóxicos ou requerem quantidades mínimas dessas substâncias, fazendo com que os efeitos negativos sobre o ambiente sejam mínimos (ENGEL, 2003). Por outro lado, o equilíbrio biológico do sistema reduz o ataque de pragas e de doenças, podendo trazer benefícios econômicos para o produtor.

Os SAFs têm como principal propósito otimizar o uso da terra, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos, conservando o solo e diminuindo a pressão pelo uso da terra na agricultura. Áreas de vegetação secundária, sem expressão econômica e social, podem ser reabilitadas e usadas racionalmente por meio desses sistemas. Outro ponto importante é a formação de sistemas ecológicos mais estáveis, com menor *input* de recursos externos e maior autossuficiência, podendo dessa forma ser considerado como um tipo de prática sustentável (SANTOS et al., 2000; ENGEL, 2003).

Existem 3 (três) tipos de SAFs, quanto à sua composição: sistemas agrissilviculturais (árvores + culturas); silvipastoris (árvores + animais); e agrissilvipastoris (árvores + culturas + animais). A Figura 8 apresenta as respectivas características (ENGEL, 2003).

Figura 8. Classificação dos SAFs, quanto a sua composição.

SAFs	CARACTERÍSTICAS
Agrissilviculturais	Incluem árvores plantadas com cultivos anuais
Silvipastoris	Tipicamente combinam o pasto com cultivos arbóreos
Agrissilvipastoris	Combinam os cultivos perenes e anuais com a produção animal

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de (ENGEL, 2003)

Pode-se observar na Figura 8 que os SAFs integram tanto a agricultura, como pecuária, de uma forma integrada, podendo ser de grande importância para os pequenos agricultores, pois, como estão aliados à produção de alimentos, permitem oferecer produtos agrícolas e florestais, incrementando a geração de renda das comunidades agrícolas.

A literatura tem apontado os SAFs como alternativa promissora para propriedades rurais dos países em desenvolvimento, uma vez que integra floresta, culturas agrícolas e pecuária, podendo oferecer alternativas aos problemas da baixa produtividade, de escassez de alimentos e da degradação ambiental generalizada (SANTOS et al., 2000). Entretanto, Bentes-Gama et al. (2005) apontam que nem todos os SAFs por si só são sustentáveis. O simples fato de associar espécies, com ou sem animais, não garante a sustentabilidade, uma vez que as interações entre os componentes lenhosos e não-lenhosos e o meio onde foram implantados tanto podem ser positivas como negativas. O foco da presente seção é analisar os aspectos positivos desse sistema tendo como a atividade agrícola a cacauicultura.

De acordo com Van Leeuwen et al. (1999) os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são mais adequadas para áreas de floresta tropical, como o caso da Amazônia Brasileira, ao invés de processos agrícolas praticados na região, no qual, a floresta é substituída por roças com culturas anuais que são abandonados após 2 (dois) ou 3 (três) anos na agricultura, ou 10 (dez) a 12 (doze) anos para o pasto. As características como alta quantidade de biomassa por unidade de superfície, raízes, que realçam a ciclagem de nutrientes, e cobertura vegetal permanente, que protege o solo contra a erosão e as altas temperaturas, são razões pelas quais os SAFs constituem uma das poucas opções para o uso da terra mais sustentável na Amazônia Brasileira.

Bentes-Gama et al. (2005) corroboram com Van Leeuwen et al. (1999) ao afirmarem que há uma concordância de que os SAFs reúnem vantagens ecológicas e permitem a redução de riscos de investimentos característicos da monocultura, sobretudo pela diversificação de culturas que ocorrem na produção agroflorestal. Por outro lado, pelo consorciamento com outros tipos de árvores podem trazer vantagens econômicas para as famílias dos pequenos agricultores.

O cultivo do cacaueiro formou os primeiros consórcios agroflorestais comerciais implantados no Brasil, por ser uma planta silvestre que suporta muita sombra. Além de gerar recursos financeiros e fixar o homem no meio rural, o sistema conservou recursos hídricos, fragmentos e espécies arbóreas florestais nativas e de inestimável valor para o conhecimento agrônomo, florestal e ecológico, principalmente nos grandes corredores da Mata Atlântica do sul da Bahia (LOBÃO, 2007).

Com intuito de simular as condições nativas de crescimento do cacaueteiro, agricultores ao redor do mundo têm plantado cacaueteiros consorciados com uma ampla gama de outras espécies arbóreas, arbustivas, palmeiras, e até mesmo espécies herbáceas, nativas e exóticas (Figura 9), objetivando obter tanto sombreamento quanto serviços ambientais e produtos madeireiros e não-madeireiros (WOOD; LASS, 1985; MULLER; GAMA-RODRIGUES, 2012)

Quando não é desenvolvida em pleno sol, a cacauicultura, por si só, é considerada uma atividade agroflorestal, desde que não sejam utilizados agrotóxicos. Pois, de acordo com Van Leeuwen (1999), um sistema agroflorestal é composto por duas ou mais espécies, das quais, ao menos uma é lenhosa e perene, uma vez que o termo "florestal" não quer dizer que a espécie arbórea do sistema deva ser uma espécie originário de uma floresta ou uma espécie madeireira. Na Amazônia, muitos desses sistemas têm apenas árvores frutíferas e cultivos perenes. Um sistema agroflorestal ocupa o mesmo terreno durante muito tempo, porque são necessários 10 (dez), 20 (vinte), ou mais anos, para que as árvores completem seu ciclo. Um sistema agroflorestal é mais complexo que uma monocultura e, geralmente, contém mais de uma espécie de interesse econômico, o que diminui os riscos do empreendimento. Quando uma espécie não produz ou está sem mercado, a outra continua produzindo, fornecendo renda.

Além de rendimento, a cacauicultura em SAF proporciona benefícios ecológicos, como a supressão de surtos de pragas de insetos e de ervas daninhas, melhoria microclimática, aumento da retenção de água e melhoria da qualidade da água e do solo através da redução da poluição e erosão (ASIGBAASE, 2021).

Na Bahia o SAF tendo a cacauicultura como a principal atividade é conhecido como "cacau cabruca", corruptela do termo "brocar" (ralear). Nele, o sub-bosque da mata é "brocado" (removido) e substituído por mudas de cacaueteiro, tradicionalmente plantadas aleatoriamente. Depois das mudas crescerem passam a produzir seus frutos sob a proteção do vento e sombra das árvores nativas da Mata Atlântica. O Sistema Agroflorestal tendo a cacauicultura como a principal atividade no sul baiano, foi responsável por conservar várias espécies de árvores nativas, consideradas raras, como o jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*), o pau-brasil (*Caesalpineia echinata*), que é uma espécie ameaçada de extinção e a gameleira (*Ficus gomelleira*), que é uma espécie de importância sócio ecológica, já que seus ramos jovens servem de alimento à preguiças (*Bradypus variegatus*) e práticas religiosas afro-brasileiras estão associadas a ela. É digno de nota o fato de o maior jequitibá-rosa de que se tem notícia

atualmente foi encontrado em um sistema cacau cabruca na região cacauceira da Bahia (LOBÃO, 2007).

Apesar dos benefícios socioambientais da cacauicultura em SAF, alguns trabalhos têm apontado desvantagens, no que toca a baixa produtividade e a proliferação de doenças associadas a alta umidade, como o caso da vassoura-de-bruxa, quando comparado a monocultura de cacau, ou seja, cacau em pleno sol. Os principais motivos são alta umidade, competição por nutrientes e por água entre o cacauceiro e as plantas consorciadas (NIETHER et al. 2019). Entretanto, alguns estudos refutam esse paradigma (RAJAB et al. 2016; ARMENGOT et al., 2020).

Rajab et al. (2016), ao compararem três sistemas de cultivo de cacau coexistentes com diferentes intensidades de sombra na Indonésia, especificamente cacau em pleno sol, cacau em SAF consorciado com *Gliricidia sepium* e cacau em SAF em consórcio com várias outras espécies de árvores de sombra, não encontraram diferença significativa entre a produtividade desses três sistemas.

Armengot et al. (2020) realizaram dois experimentos na Bolívia com o objetivo de avaliar o efeito de sistemas diferentes de produção de cacau e a frequência de colheita e remoção de frutos infestados com incidência de pragas e doenças e no rendimento de cacau. Os resultados mostraram que a incidência de pragas e doenças não diferiu entre os sistemas de produção, o que indicou que as mesmas não foram as responsáveis pelas diferenças de rendimento entre o sistema de produção de cacau. Os resultados indicaram ainda que os sistemas agroflorestais de cacau não aumentam a incidência de pragas e doenças em comparação com as monoculturas quando boas práticas de manejo cultural são implementadas, o que, por sua vez, pode aumentar a produtividade, corroborando com os resultados encontrados por Rajab (2016).

Assim, com os manejos adequados a cacauicultura em SAF, combinando diferentes espécies nativas pode ajudar a controlar pragas e doenças e a melhorar a oferta de nutrientes, o que é de especial importância no que toca ao quesito socioambiental. Não obstante, os pequenos produtores de cacau em SAF poderão ter benefícios econômicos com a produção de cacau respeitando o meio ambiente, uma vez que está havendo uma crescente demanda dos *stakeholders*, por cacau e os seus derivados produzidos ecologicamente corretos. Para atender a essa estratificação do mercado do cacau, existem diferentes tipos de classificações atribuídas à produção de amêndoas de cacau, principalmente o cacau convencional (*bulk*), o cacau fino ou de aroma (*flavour*), o cacau orgânico, o cacau com certificação de sustentabilidade e o cacau

com certificação de origem, sendo que os que atendem aos padrões ecológicos, chegam a ter um ágio de 10% ao preço praticado no mercado (ESTIVAL; CORRÊA; PROCÓPIO, 2019).

Tem havido crescentes estudos nas 2 (duas) últimas décadas, tanto técnicos como acadêmicos, sobre os impactos socioeconômicos e ambiental da cacauicultura, como pode-se observar nos estudos de Oke e Odebiyi (2007), Clough, Faust e Tschardtke (2009), Tondoh et al., (2015), Arshad et al. (2015) e Teixeira Neto (2017), Castro et al. (2017) e Mendonça (2019).

Oke e Odebiyi (2007) tinham o objetivo de analisar os serviços ambientais e benefícios sociais que a plantação de cacau por sistemas agroflorestais trariam para famílias de pequenos agricultores de 3 (três) localidades produtoras de cacau no Estado de Ondo, na Nigéria. O resultado do estudo trouxe evidências que a cacauicultura em sistemas agroflorestais traz benefícios além dos esperados às famílias dos pequenos agricultores, uma vez que cerca de 86,8% das árvores nas fazendas de cacau eram árvores frutíferas comestíveis, tendo seu papel crucial nos serviços ambientais e no aumento de renda das famílias.

Clough, Faust e Tschardtke (2009) analisaram o compromisso com a sustentabilidade na produção de cacau e os seus derivados na Indonésia. Como resultado o trabalho trouxe evidências que os compromissos com a sustentabilidade do setor cacau-chocolate no país não tiveram sucesso a longo prazo, o que coloca em risco as florestas remanescentes. A conservação pode ser combinada com a produção de cacauzeiros, mas se isso for alcançado, maiores esforços quantitativos e qualitativos para deter os ciclos de cacau são necessários por parte da indústria, aproveitando as oportunidades existentes para combinar sustentabilidade, armazenamento de carbono e conservação da biodiversidade a longo prazo.

Tondoh et al. (2015) avaliaram o impacto da conversão florestal em plantações de cacau sem sombra e de diferentes idades (de 5, 10 e 20 anos), sobre a biodiversidade e a qualidade do solo na Costa do Marfim, através da medição de parâmetros químicos, físicos e biológicos. O resultado do estudo mostrou que a conversão de florestas semi-decíduas em plantações de cacau resultou em perdas de diversidade de espécie de plantas devido ao desaparecimento de um grande número de espécies nativas, enquanto aumentou a incidência de minhocas e espécies adaptadas às terras degradadas. Por outro lado, o resultado mostrou que a qualidade do solo foi severamente prejudicada pelo cultivo do cacau, sendo o pior cenário encontrado nas plantações de cacau de 10 anos.

Arshad et al. (2015) apresentaram um modelo de dinâmica de sistemas para abordar o crescimento e o declínio dos sistemas de produção de cacau na Malásia. Os resultados indicam que o declínio dos sistemas de produção de cacau pode ser evitado através da conservação da

biodiversidade e do controle de insetos resultando sistemas de produção sustentáveis, sendo que a implementação de tal política exige um subsídio adequado para reter alta biodiversidade, controle de pragas e doenças, bem com alcançar rendimentos aceitáveis através de serviços de extensão aos pequenos agricultores através de Escolas de campo.

Teixeira Neto (2017) analisou os arranjos institucionais no Sistema Agroindustrial (SAG) do cacau em Linhares/ ES, especificamente na relação entre produtores e seus compradores. Especificamente foi realizada a caracterização do SAG do cacau, analisado os ambientes institucionais formal e informal, e avaliadas as características dos agentes e das transações, alcançando-se as formas de governança utilizadas. Os resultados apontam a predominância dos arranjos institucionais informais, a partir de elementos culturais importantes, como a influência da origem, a história de um povo, valores e conhecimentos adquiridos. A coordenação atual de Linhares não fortalece o desenvolvimento de cacau com qualidade, mas sim, a produção de cacau visando o mercado de *commodity*.

Castro et al. (2017) avaliaram a viabilidade econômica de quatro modelos de SAF implantados por treze agricultores familiares em São Domingos do Araguaia, no sudeste do Pará. De quatro modelos avaliados, o melhor resultado econômico foi o modelo com cacauero (*Theobroma cacao*), açaí (*Euterpe oleracea*), ipê amarelo (*Handroanthus albus*), ipê branco (*Tabeluia roseo-alba*), laranja (*Citrus x sinensis*), mandioca (*Manihot esculenta*), milho (*Zea mays*), mogno (*Swietenia macrophylla*), paricá (*Shizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*). Esses resultados derivaram da maior diversidade de espécies e a entrada de receitas a partir do primeiro ano com as culturas temporárias, seguido pelas culturas perenes e madeiras.

Mendonça (2019) visou analisar a viabilidade de implantação de um corredor ecológico entre as áreas protegidas de Carajás e da Terra do Meio, no Estado do Pará, tendo como uma das principais culturas o cacau em SAF. O resultado indica que o corredor ecológico proposto tem viabilidade técnica e ambiental para ser implantado e que através de manejos agroecológicos é possível integrar os objetivos da produção agropecuária aos da conservação da biodiversidade, responsável, por sua vez, pelo fornecimento de serviços ambientais aos agroecossistemas.

Quando planejadas adequadamente, as plantações de cacau sob cobertura de sombra permitem combinar alto rendimento com benefícios para sequestro e armazenamento de carbono, estabilidade do sistema de produção sob estresse e níveis mais altos de diversidade da flora e fauna. Entre os serviços ambientais decorrentes da cacauicultura em SAF, destaca-se o

estoque do carbono que corresponde a incorporação do gás carbônico atmosférico à biomassa das plantas, por meio das reações químicas da fotossíntese (BONAMICO, 2007). A literatura aponta que, quando bem manejados, os Sistemas Agroflorestais podem estocar acima de 200 toneladas de Carbono por hectare, durante um ciclo de 20 anos.

2.4.1 Estoque de carbono como serviço ambiental da cacauicultura em SAF

O aquecimento global, como é comumente chamado, é a questão ambiental mais séria que afeta as vidas humanas em escala global. Acredita-se que o aquecimento global, ou seja, o aumento da temperatura do ar e dos oceanos perto da superfície nas últimas décadas, seja causado principalmente pelo aumento das concentrações atmosféricas dos chamados Gases de Efeito Estufa (GEE), derivados das atividades antrópicas, como queima de combustíveis fósseis.

De acordo com Krupa (1997) os principais GEE provenientes de atividades antrópicas que têm contribuição significativa no efeito estufa, são Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Clorofluorcarbonetos (CFCs) e Ozônio (O₃), sendo que o CO₂ é o mais relevante, correspondendo cerca de 60% das emissões.

Uma das abordagens para reduzir a concentração de CO₂ na atmosfera é o sequestro de carbono (C), que consiste na remoção do C da atmosfera, o qual é armazenado na biomassa da planta acima do solo, incluindo a madeira, na biomassa abaixo do solo, como nas raízes, micro-organismos do solo e formas relativamente estáveis de C orgânico e inorgânico em solos e ambientes subterrâneos mais profundos, dependendo do sistema radicular da planta (NAIR et al., 2009).

Nesse sentido, o aumento dos estoques de C é associado à redução dos efeitos negativos das mudanças climáticas, além de ser benéficas para outras funções ecossistêmicas e serviços ambientais tais como ciclagem de nutrientes, que promove o armazenamento de carbono e retenção de nutrientes, processos esses fundamentais para a manutenção da fertilidade do solo na agricultura (PARRON et al., 2015).

Assim, com o intuito de conter o agravamento do aquecimento global, a Organização das Nações Unidas (ONU), propôs, em 1992 a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), que resultou em um compromisso voluntário dos países industrializados (chamados de países do Anexo I) em reduzir suas emissões de GEE. Entretanto, as soluções só foram apresentadas oficialmente em 1997, com o Protocolo de Quioto. Esse protocolo constitui um tratado complementar à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre

Mudança do Clima, o qual definiu metas de redução de emissões para os países desenvolvidos e os que, à época, apresentavam economia em transição para o capitalismo, considerados os responsáveis históricos pelo aquecimento global (UN, 1992).

O objetivo era que os países do Anexo I reduzissem as suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990, entre 2008 e 2012, e previssem a utilização de mecanismos de flexibilização, de forma a facilitar o atendimento aos compromissos assumidos por esses países. Dentre estes mecanismos destaca-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permite que os países desenvolvidos compensem suas emissões por meio de financiamentos de projetos ambientais sediados em países em vias de desenvolvimento. Das atividades elegíveis no MDL, as de florestamento e reflorestamento surgem como alternativas de projetos para geração de Certificados de Emissões Reduzidas (CERs). A emissão dos CERs através desse tipo de atividade baseia-se na premissa de que as plantações florestais absorvem CO₂ da atmosfera por meio do processo de fotossíntese, armazenando o carbono em sua biomassa. A sua estrutura é formada a partir da interação entre instituições governamentais, intermediadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) e os seus projetos são registrados e certificados pelo Conselho Executivo do MDL (ABRANTES, 2015).

O mecanismo para o funcionamento do MDL é bastante complexo e burocrático, uma vez que envolve uma rede de instituições e organizações articuladas para desenvolver e aprimorar suas normas e monitorar seu cumprimento.

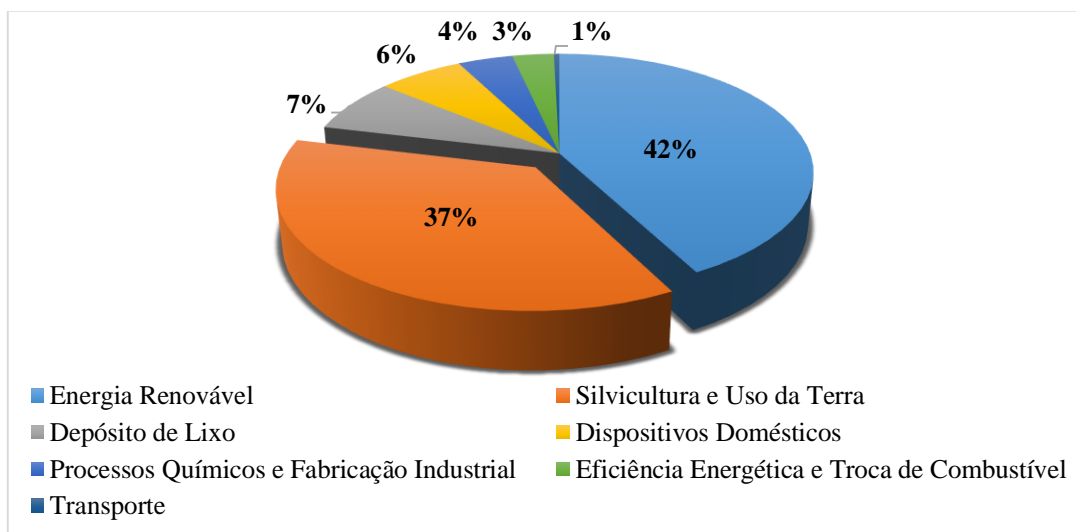
Esses processos burocráticos acabam deixando o mercado regulado de carbono mais complexo, tanto para as empresas que vendem o crédito de carbono, quanto para as que compram. Para colmatar essa complexidade, além do mercado regulado de carbono, existe o Mercado Voluntário de Carbono (MVC), criado a partir de iniciativas de empresas, Organizações Não Governamentais (ONGs), governos, dentre outros agentes, também com finalidade de comercialização de créditos de carbono. Entre as suas características, destaca-se a ação proativa das empresas em relação aos possíveis mecanismos de comando e controle estatais, onde buscam a valorização da imagem institucional frente aos seus *stakeholders* tomando ações voltadas para redução de emissão de GEE. Entre as motivações para aquisição no mercado voluntário se destacam o valor da venda dos créditos, desejo por gerenciar mudanças climáticas, interesse em inovação tecnológica, relações públicas e preparação para regulação futura (GOULART, 2013).

Estes instrumentos criam novas oportunidades para o mercado de crédito de carbono, seja na categoria regulada ou na categoria voluntária. Funcionam promovendo projetos de

redução de emissão de GEE, dos quais o crescimento das relações comerciais tem sido considerável. Projetos brasileiros são potenciais emissores de créditos de carbono, o que tem gerado uma demanda por diferentes agentes internacionais (ABRANTES, 2015).

Embora o volume de negócios do mercado regulado de carbono seja maior, o mercado voluntário vem ganhando destaque nos últimos anos. De acordo com Ecosystem Marketplace (2020) o mercado voluntário de carbono movimentou mais de US\$ 5,5 bilhões de dólares americanos nos últimos 20 anos. Só no ano de 2019 foram movimentados US\$ 282,3 milhões de dólares, equivalentes a negociação de cerca de 100,4 Mega toneladas de carbono equivalente (MtCO₂eq). A categoria dos projetos que mais negociou crédito de carbono no mercado voluntário em 2019 é o de energia renovável, com o volume de 42,4 MtCO₂eq, a seguir são projetos de silvicultura e uso da terra, com movimentação de 36,7 MtCO₂eq (FIGURA 9).

Figura 9. Participação no volume de compensação de carbono voluntário transacionado por categoria de projeto, 2019



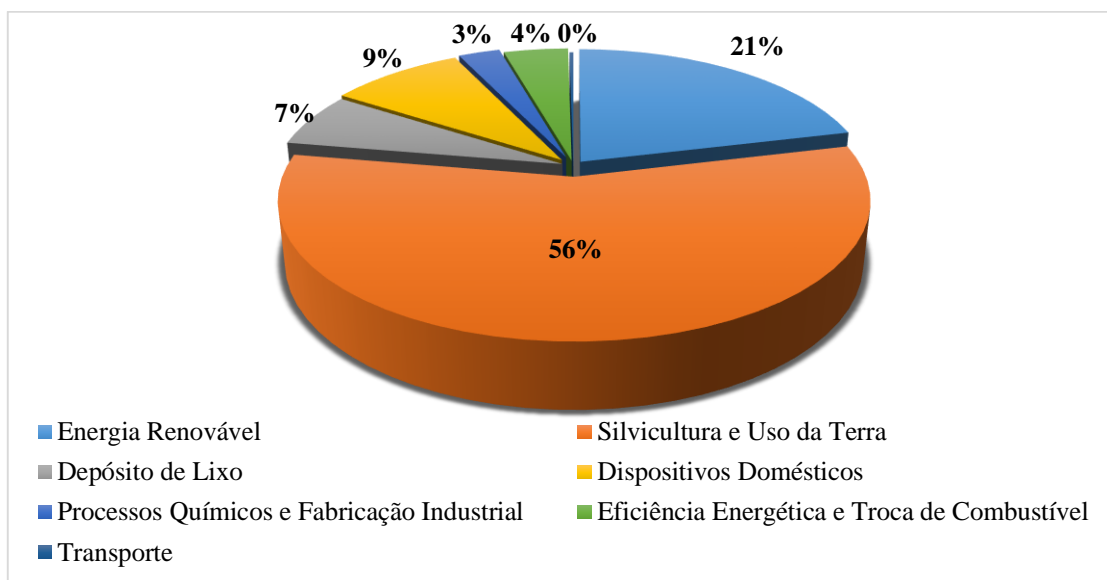
Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Ecosystem Marketplace (2020)

Portanto, observa-se no gráfico (FIGURA 9) que a maior fatia do mercado de voluntário de carbono são projetos oriundos de energia renovável, ou seja, geração de energia a partir de fontes de recursos que são naturalmente reabastecidos, como sol, vento, chuva, marés, e energia geotérmica.

Projetos de energia renovável, apesar de ocuparem o maior volume de negociação em termos de sequestro de carbono equivalente, tiveram o menor preço médio por tonelada de carbono equivalente em relação às outras categorias. Nesse sentido, que em termos de volume monetário, a categoria de Silvicultura e uso da terra, apesar de movimentar menos crédito de carbono que projetos de Energia Renovável, tem volume monetário maior.

O preço médio pago por cada crédito de carbono, ou tonelada de carbono equivalente, para projetos oriundos de energia sustentável é de US\$ 1,40, enquanto o preço pago para cada crédito de carbono em projetos de Silvicultura e Uso da Terra a média é de US\$ 4,30, o maior de todos os segmentos negociados em mercado voluntário de carbono. Assim, em termos monetários, o maior volume de negociações vem dos projetos de Silvicultura e Uso da Terra, com movimento de cerca de US\$ 159,1 milhões em 2019, como pode ser observado no Figura 10.

Figura 10. Participação no volume monetário negociado no mercado voluntário de carbono por categoria de projeto, 2019



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Ecosystem Marketplace (2020)

Pode-se observar (FIGURA 10) que os projetos oriundos de Silvicultura e Uso da Terra têm a maior participação monetária, movimentando 56% dos recursos financeiros do mercado voluntário de carbono, enquanto o de Energia Renovável, 21%.

Dentre os projetos de Silvicultura e Uso da Terra, os SAFs são soluções que têm maior potencial de estoque de carbono, quando comparado com pastagens ou monoculturas (SHARROW; ISMAIL, 2004; NAIR et al., 2009; MASCARENHAS et al., 2017).

No caso específico de cacauicultura em SAF, a mesma causa danos mínimos ao solo e apresentam o sequestro de carbono abaixo e acima do solo superiores a outras atividades agrícolas do uso do solo (DUGUMA; GOCKOWSKI; BAKALA, 2001).

Apesar de o cacauieiro ser uma espécie florestal, estudos apontam que quando conduzido em SAF os cacauieiros sequestram potencialmente mais carbono que os plantados em pleno sol,

uma vez que podem permitir a permanência de árvores de grande porte, que são responsáveis pela parte significativa do carbono tanto em sistemas agroflorestais quanto na mata nativa (BONAMICO, 2007). Além de contribuir para a redução do carbono na atmosfera, os SAFs com cacauzeiros podem desempenhar papel fundamental na recuperação de áreas degradadas em propriedades rurais, principalmente na agricultura familiar.

Portanto, como pontuam Parron et al. (2015), as determinações dos estoques de C são consideradas uma valiosa ferramenta no âmbito de prevenção de mudanças climáticas, ao constituírem-se como importantes indicadores de serviços ambientais. Entretanto, estudos anteriores demonstram que há grande variação entre as quantidades de carbono estocado em diferentes SAF de cacau, tanto no Brasil, como em outros países produtores (COTTA et al., 2006; GAMA-RODRIGUES et al., 2010; BARRETO et al., 2011; RAJAB et al., 2016; MONROE et al. 2016; MASCARENHAS et al., 2017; SILATSA et al., 2017; ASIGBAASE et al., 2021)

Cotta et al. (2006) analisaram a viabilidade econômica do SAF de cacau em consórcio com seringueira (*Hevea brasiliensis*), comparado com o cacauzeiro em pleno sol, em condições de campo do Bioma Mata Atlântica, num horizonte temporal de 34 anos. Os resultados indicaram que nesse espaço de tempo, o cacau em pleno sol sequestrou apenas 22,44 Mg de carbono ha⁻¹, enquanto em consórcio com seringueira sequestrou 107,09 Mg ha⁻¹.

Gama-Rodrigues et al. (2010) encontraram estoque de carbono a 100 cm de profundidade equivalente a 302 Mg C ha⁻¹ em SAF de cacau no Sul da Bahia.

Barreto et al. (2011), estudando SAF de cacau e eritrina, encontraram um estoque de CO equivalente a 93,79 Mg C ha⁻¹ na camada de 0-50 cm, comprovando, assim, o elevado potencial desses sistemas em armazenar C por longos períodos de tempos.

Rajab et al. (2016) ao compararem três sistemas de cultivo de cacau em Indonésia evidenciaram que o estoque de C total (acima e abaixo do solo) aumentou cinco vezes do cacau em pleno sol, para o SAF de cacau em consórcio com outras árvores perenes, de 11 para 57 Mg ha⁻¹ por ano, ou seja, um incremento do estoque de carbono na ordem de 518%.

Monroe et al. (2016) analisaram a quantidade e a origem do estoque de carbono no solo em diferentes plantações de cacau em sistemas agroflorestais no sul do estado da Bahia (Brasil), até uma profundidade de 100 cm. O resultado do estudo trouxe evidências que o estoque de carbono em uma profundidade entre 0-100 cm foi significativamente alto (180 Mg C ha⁻¹) para a camada de 0-100 cm, tanto em cacauzeiros quanto em seringueiras jovens (4 anos), já sistemas com mais de 20 anos de idade apresentaram menor estoque de carbono e não diferiram

significativamente da floresta natural. O resultado do estudo mostrou ainda que nas camadas superficiais do solo houve diferenças significativas no estoque, no entanto, abaixo de 20 cm todos os sistemas eram semelhantes entre si, representando entre 31 e 44% do total do estoque de carbono, seguido por 19-23% a uma profundidade de 20-40 cm, 15-18% a uma profundidade de 40-60 cm e 11-14% nas de 60-100 cm. Por outro lado, o estudo mostrou que o cacaueteiro é mais eficiente do que a seringueira em estocar carbono. Enquanto a seringueira aumenta o estoque de carbono em 70%, o cacaueteiro aumenta em 131%.

Mascarenhas et al. (2017) avaliaram o comportamento dos atributos físicos e dos teores e estoques de carbono do solo, comparativamente a diferentes modalidades de uso do solo no município de Ouro Preto do Oeste-RO, especificamente SAF multiestratificado (SAF), cacauicultura em SAF (CAC), pastagem cultivada (PAS) e floresta nativa (FLN). Os resultados indicaram que os estoques de Carbono foram influenciados pelos diferentes agroecossistemas, sendo que a cacauicultura em SAF (CAC) apresentou melhor comportamento na estocagem de carbono no solo, na camada de 0 a 40 cm, com teor de $73,76 \text{ Mg C ha}^{-1}$, durante 20 anos.

Silatsa et al. (2017) avaliaram o estoque de carbono em cacauicultura em pousio e em SAF em Camarões, ao longo de 50 anos. O resultado indicou que a taxa de crescimento máximo do estoque total de C foi alcançada entre 12 e 13 anos, tanto no pousio como no SAF, com a máximos de $6,9$ e $6,3 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. Ao longo do período de 50 anos, os estoques de carbono variaram entre $0,2$ e $6,9 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com rápido acúmulo na primeira década que desacelerou até estabilizar após 45 anos. Os resultados indicaram ainda que durante cerca de 30 anos, ambos os sistemas sequestraram um total de 200 Mg C ha^{-1} .

Asigbaase et al. (2021) quantificaram os estoques de carbono no solo de 42 Sistemas Agroflorestais de cacauicultura orgânica e 42 convencionais em Gana, em três grupos de idade dos cacaueteiros; jovem (≤ 15 anos), adulto (16–30 anos) e velho (≥ 31). Os resultados indicaram que a cacauicultura orgânica em SAF armazenou em média $3,62 \text{ Mg C ha}$ por ano, enquanto a convencional estocou $2,60 \text{ Mg C ha}$ por ano.

Como pôde ser observado existe uma grande variação no nível de carbono sequestrado por cacau em SAF. De acordo com Bonamico (2007) fatores como fertilidade do solo, a quantidade e a espécie do sombreamento mantida pelos agricultores, podem explicar essas diferenças.

Portanto, a cacauicultura, sendo conduzida de acordo com as demandas socioambientais têm benefícios socioeconômicos e ambientais que atendem o modelo de desenvolvimento econômico, apesar de registros de incidência de algumas pragas e doenças e

baixa de produtividade. Entretanto, esses resultados podem ser diferentes com seleção de plantas de cacau silvestres com alta produtividade e tolerância às principais pragas e doenças de cacau, por meio de melhoramento genético. É nesse contexto que a presente tese de doutorado utilizou os coeficientes técnicos de plantas de cacau com melhores desempenhos agrônômicos em programa de melhoramento genético da Estação Experimental de Ouro Preto de Oeste para elaborar uma projeção econômica, financeira e ambiental de cacauicultura em SAF, tendo como parâmetro de serviços ambientais, os créditos de carbonos gerados com a plantação.

Importa frisar, que o Governo do Estado, por meio da Lei Estadual n.º 4.437/2018 regulamenta Políticas Públicas Governança Climática e Serviços Ambientais (PGSA) e cria o Sistema Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais (SGSA), no âmbito do Estado de Rondônia (RONDÔNIA, 2018). Como resultado já estão em andamento projetos de Redução de Emissões de Carbono pelo Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+), sendo o com maior destaque, o da Conservação da Reserva Extrativista do Rio Cautário, com pagamentos de crédito carbono de cerca de R\$ 5,60 milhões de Reais por ano, sendo o maior do Brasil (RONDÔNIA, 2020).

Portanto existem políticas públicas estaduais que possam gerar receita com negociação de crédito de carbono para produtores de cacau em Rondônia, desde que atendam aos requisitos do REDD+.

Na seção seguinte se apresenta o referencial teórico-metodológico que embasou a análise dos dados sobre a produtividade de 22 progênies de meios-irmãos de cacauzeiros selvagens avaliadas na Estação Experimental de Ouro Preto do Oeste-RO (ESTEX-OP) da CEPLAC, com o objetivo de seleção de melhores plantas para serem utilizadas para definir o coeficiente técnico de produtividade utilizada na projeção econômica, financeira e ambiental do presente trabalho.

3 VALOR GENÉTICO DO CACAUEIRO (*THEOBROMA CACAO* L.)

O presente capítulo foi utilizado para embasar teoricamente alguns aspectos sobre o valor genético do cacaueteiro, dando subsídio a análise de desempenho produtivo de cacaueteiros, objeto do presente trabalho. Assim, o mesmo foi dividido em 2 seções, apresentadas a seguir.

3.1 Características botânicas e o sistema reprodutivo do cacaueteiro

De acordo com Cuatrecasas (1964) o cacaueteiro é uma das 22 espécies pertencentes ao gênero *Theobroma*, classificada como diploide com dez pares de cromossomos ($2n = 2x = 20$). Entretanto, só *T. cacao* e *T. grandiflorum* (cupuaçu) são economicamente exploradas.

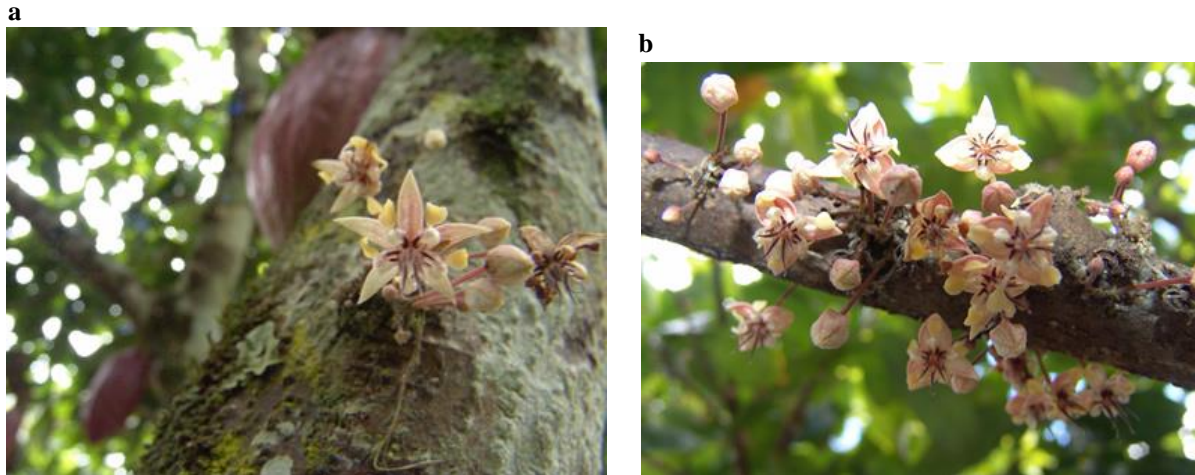
O cacaueteiro é uma Angiosperma da classe das dicotiledôneas, ordem *Malvales* e família *Malvaceae*. O seu ciclo da vida pode ultrapassar os 100 anos, entretanto o ciclo econômico varia entre 20 e 50 anos, sendo classificada como planta perene. Pode atingir 5 a 8 m de altura e 4 a 6 do diâmetro da copa, quando for implantado de forma seminal. Entretanto, por ser tolerante à sombra, e quando se encontra em população silvestre no extrato arbóreo inferior da floresta, pode atingir até 20 m de altura (SILVA NETO, 2013; ALMEIDA, 2017).

O seu caule é ereto em que numa altura entre 1 m e 1,5 m emite ramos laterais que formam a coroa ou forquilha, como é chamado comumente. Destes ramos surgem outros de crescimento vertical (ramos ortotrópicos ou chupões) e outros de crescimentos horizontais (ramo plagiotrópicos ou palmas) (ALMEIDA, 2017).

O sistema radicular consta de uma raiz pivotante que tem o seu comprimento e forma variando de acordo com a estrutura, textura e consistência do solo. Em solos profundos e com boa aeração, normalmente encontra-se um crescimento da raiz pivotante de até 2 m do nível do solo. Enquanto as raízes secundárias localizam-se, em maior número, na parte superior pivotante e afastam-se desta entre 5 e 6 m, sendo que essas são as responsáveis pela nutrição das plantas e, geralmente, a maior parte se encontra à 30 cm do nível do solo (CEPLAC, 2015).

De acordo com Lima e Silva Neto (2017), o cacaueteiro é uma planta cauliflora, ou seja, as flores surgem em almofadas florais no tronco ou nos ramos lenhosos, e em uma gema desenvolvida no lugar da axila de uma antiga folha, como pode ser observado na Figura 10. Suas flores são hermafroditas e alógamas, ou seja, a polinização ocorre de forma cruzada, onde a fertilização acontece quando o pólen de uma planta fertiliza o estigma da flor de outra planta, contribuindo para a heterogeneidade entre os indivíduos. Assim, as suas flores possuem as seguintes características: cinco sépalas, cinco pétalas, cinco estaminoides, cinco estames e um pistilo, cujo ovário possui cinco lojas, considerada nesses termos de pentâmeras.

Figura 11. Floração do cacauero.



Legendas: **a** Flores de cacauero em almofadas florais no tronco; **b.** Flores de cacauero em almofadas florais nos ramos.

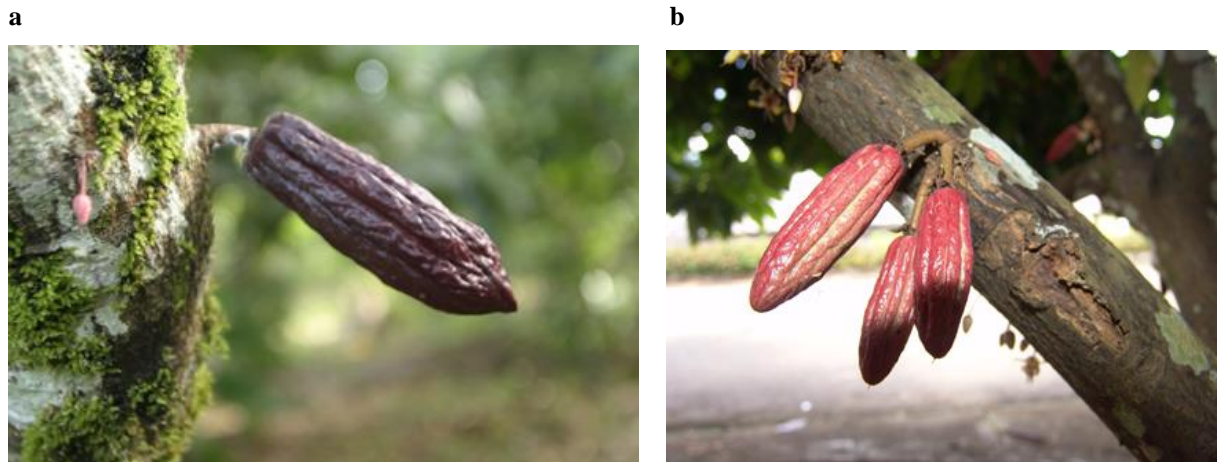
Fonte: CEPLAC (2020b).

O seu ovário possui 30 a 70 óvulos e anteras com capacidade de reprodução de 14 mil grãos de pólen por flor, sendo que a sua polinização se limita, quase exclusivamente a competições de algumas espécies de micromoscas da família *Ceratopogonidae*, gênero *Forcipomyia*, embora tenha registro de polinização de insetos como tripes, formigas e afídeos (CHAPMAN; SORIA, 1983; ALMEIDA, 2017).

De acordo com Silva Neto (2013) essa exclusividade de polinização deve-se ao fato de o estigma (feminino) encontrarem-se envolvido por um círculo de estaminoides (masculino) e de suas anteras apresentarem-se envolvidas por formação recurvadas das pétalas, denominadas de cógula. Anualmente um cacauero adulto pode produzir até mais de 100.000 (cem mil) flores, das quais, menos de 5% são fertilizadas e cerca de 0,1% se transformam em frutos, sendo que as não polinizadas caem no período de 2 dias. Os botões florais, quanto atingem o máximo de maturidade, abrem-se no período da tarde com a separação das extremidades das sépalas, completando nas primeiras horas da manhã seguinte. Quando ocorrer a fertilização, as flores permanecem fixadas no pedúnculo, desenvolvendo o ovário em futuro fruto, chamado de bilro, como pode ser ilustrado na Figura seguinte (SILVA NETO, 2013; ALMEIDA, 2017).

Como pode-se observar na Figura 12, o fruto do cacau é sustentado por pedúnculo lenhoso proveniente do engrossamento do pedicelo da flor. Os mesmos quando se encontram desenvolvidos, apresentam um pericarpo carnoso composto por três partes distintas: o epicarpo que é espesso, cujo extrato epidérmico exterior pode estar pigmentado, o mesocarpo, que é delgado e duro, mais ou menos lignificado, e o endocarpo, mais ou menos espesso (SILVA NETO, 2013).

Figura 12. Diferentes formações de bilros de cacaveiros, após a fertilização

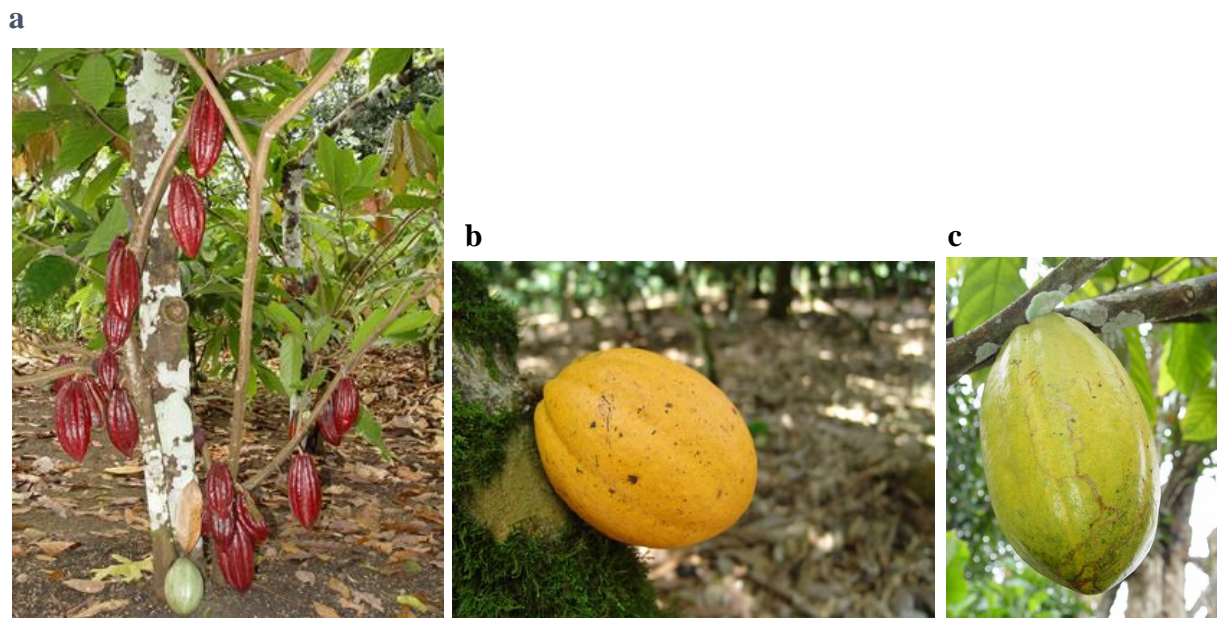


Legendas: **a.** Formação de fruto no tronco de cacaveiro; **b.** Formação de frutos no ramo de cacaveiro.

Fonte: CEPLAC (2020b).

De acordo com Aguilar et al. (2016) os frutos de cacaveiro são indeiscentes, do tipo bacoide drupissarcídeo e pentalocular (cinco lóculos), sendo que o tamanho varia de 10 a 32 cm de comprimento, apresentando grande variação na forma, espessura da casca, cerosidade, coloração e rugosidade, dependendo do grupo e do cultivar a que pertencem (FIGURA 12).

Figura 13. Frutos de cacau maduros



Legendas: **a.** Cacaveiro com frutos maduros distribuídos no tronco e nas ramificações; **b.** Fruto de cacau maduro em ramificações; **c.** Fruto de cacau maduro em ramo.

Fonte: CEPLAC (2020b).

O período entre a polinização e o amadurecimento dos frutos varia entre 140 e 205 dias, com uma média de 167 dias, sendo que o fruto permanece na planta até ser colhido (FIGUEIREDO, 1986).

A média de número de frutos por planta que atingem a maturidade, varia entre 6 a 40 frutos, entre o início da produção até atingir a idade adulta, período em que ocorre a produção máxima, podendo pesar entre 100 e 2.000 g cada, quando completa o desenvolvimento. Cada fruto contém entre 40 e 50 sementes, com 2 a 3 cm de comprimento, que tem o formato ovoide e achatado e de coloração que podem variar entre branca e roxo-escuro. Portanto, a cor, o formato, o peso e o tamanho variam segundo o grupo racial e o cultivar. A variedade do grupo forasteiro apresentam frutos que variam de mais arredondados a mais alongados e possuem sementes achatadas de cor violeta-intensa; os da variedade criollo possuem sementes grandes, de cor branca a violeta-pálida, enquanto o trinitário varia desde o amarelo-pálido até o roxo-escuro (SENAR, 2018).

As sementes constituem a parte de maior interesse econômico do cultivo, com peso unitário da semente seca entre 0,5 e 5 g. Dependendo da concentração de antocianina presente, apresentam padrões de coloração que vão do branco ao roxo intenso. Após fermentação e secagem, as sementes são utilizadas na fabricação de chocolate. Delas também se extrai manteiga, muito utilizada na indústria farmacológica e na fabricação de cosméticos. A polpa que envolve as sementes é rica em açúcares, sendo utilizada na fabricação de geleia, vinho, licor, vinagre e suco (ALMEIDA; VALLE, 2007). Entretanto, alguns estudos recomendam a não retirada da polpa de cacau, uma vez que pode afetar negativamente a qualidade sensorial do chocolate.

A produtividade média das plantações no Brasil é de 300kg/ha, entretanto Rondônia é 546kg/ha. Essa produtividade média pode ser aumentada significativamente através de melhoramento genético, através de seleção de plantas com melhores desempenho agrônomicos.

Na subseção seguinte serão discutidos os aspectos teóricos sobre o melhoramento genético do cacauero, bem como experimentos anteriores conduzidos no Brasil e no exterior com objetivo de selecionar progênies com melhores desempenhos agrônomicos, servindo de base para a análise de dados do desempenho produtivo de 22 (vinte e duas) progênies de cacau, objeto do presente trabalho.

3.2 Conceito e aspetos históricos do melhoramento genético do cacauieiro

O melhoramento genético vegetal tem como objetivos a seleção de plantas atendendo o ganho de produtividade, a conservação e promoção do aumento da biodiversidade, obtenção e uso de germoplasma de adaptação local, avaliação experimental de variedades, lançamento e divulgação de novas variedades, diversificação do sistema produtivo e produção de sementes (CARVALHO et al. 2001; ARAÚJO; VASCONCELOS, 2007).

No caso específico do cacauieiro o objetivo principal da maioria dos programas de melhoramento é selecionar genótipos com melhor rendimento, resistentes a pragas e doenças, melhores qualidades das sementes e preservação da diversidade genética.

Os programas de melhoramento requerem uma compreensão mais profunda da genética que controla a variação do rendimento e as características das doenças e das pragas dos cacauieiros, características estas fundamentais para a seleção de plantas e posterior criação de novas cultivares que proporcionem maiores rendimentos (MUSTIGA et al. 2018).

A seleção de plantas baseia-se nos valores genéticos aditivos das matrizes que serão recombinadas e nos valores genotípicos dos genótipos que podem ser propagadas seminalmente e/ou vegetativamente (clone). De acordo com Cruz (2009), para a predição dos ganhos com a seleção de plantas é necessário estimar a variância genética aditiva e a variância genética não aditiva, dependendo do método de propagação a ser utilizado, uma vez que o sucesso depende da acurácia da seleção dos indivíduos portadores de maior número de alelos favoráveis.

Dentre os principais procedimentos para a estimação dos parâmetros genéticos destaca-se o REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não-viesada). Esse procedimento tem sido utilizado mais frequentemente na avaliação genética de espécies perenes, por permitir a predição de valores genéticos associado às observações fenotípicas, ajustando-se os dados aos efeitos fixos e ao número desigual de informações por progênie (RESENDE, 2002).

Conforme Allard (1999), o teste de progênies/famílias se fundamenta na seleção de plantas com base na média das famílias e no desvio do valor individual para identificação dos indivíduos de melhor desempenho. Para plantas perenes, com sobreposição de gerações e longo ciclo reprodutivo, como o caso de *Theobroma cacao*, deve-se considerar avaliações repetidas em cada indivíduo ao longo do tempo e manipulação da variância genotípica na seleção de plantas.

A existência de variabilidade genética na população é condição básica para a obtenção de ganhos com a seleção e a estruturação das populações de melhoramento em famílias de meios-

irmãos. Esta permite manipular a fração aditiva da variância genotípica, subsidiando a obtenção de ganhos com a seleção para características de baixa herdabilidade.

A produção de sementes é uma característica de controle genético complexa, cuja expressão é influenciada pela ação de milhares de genes e pelo efeito do ambiente (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Assim, a interação genótipos versus ambientes ($G \times A$) é um dos maiores desafios no melhoramento do cacau, tanto para a seleção de plantas, quanto para a recomendação de cultivares, sendo que os melhoristas procuram por genótipos estáveis e de melhor desempenho produtivo.

O interesse é a busca pelos genótipos com maior valor genotípico em relação aos valores de ambiente e da interação genótipo x ambiente ($G \times A$) ou aqueles que agreguem todos os componentes fenotípicos positivos. O efeito dessa interação pode tornar a seleção e recomendação de genótipos onerosa e lenta, mesmo quando os genótipos apresentam características promissoras, pois proporciona alteração no desempenho relativo dos genótipos em virtude da variação do ambiente (CARVALHO et al., 2001).

Devido ao seu impacto devastador, a vassoura-de-bruxa tem preocupado os melhoristas de cacau por mais de meio século. O pioneiro foi Pound (1943), ao liderar uma expedição botânica à bacia amazônica em busca de materiais genéticos resistentes a esse patógeno, coletando genótipos que impulsionaram o programa de melhoramento de cacau de Trinidad e Tobago. Como resultado, os clones trinitários *Imperial College Selection* (ICS) foram selecionados, dando origem a um número limitado de árvores supostamente resistentes que foram identificadas como Scavina-6 (SCA 6) e Scavina-12 (SCA 12), sendo estas as fontes mais amplamente utilizadas nos programas de melhoramento de Trinidad e Tobago e do Equador (RIOS-RUIZ, 2001). Assim, a partir dos clones SCA 6 e SCA 12, novos clones foram selecionados, resultando nas seleções, altamente produtivas, identificadas como clones da série *Trinidad Selected Hybrids* (TSH).

A grande variabilidade genética encontrada nas expedições de Pound (1943), seu potencial para utilização em programas de melhoramento e a necessidade de ampliação da base genética dos programas de melhoramento em desenvolvimento, em diversos países, motivaram a realização de várias outras expedições de coleta nas últimas cinco décadas.

No Brasil, a primeira tentativa de melhoramento genético de cacau teve o seu marco inicial em 1934, com a criação do então Serviço de Fomento à Indústria Cacaueira, composto de 1 (uma) Estação Experimental para a Cultura do Cacau e de 4 (quatro) grupos de assistência técnica ao produtor, denominados de grupos de ensino agrícola-ambulante, cujo objetivo era o

estudo sistemático, experimental e demonstrativo de todos os fatores relacionados com cacauicultura, incluindo plantações de variedades de cacauzeiros cultivadas então na Amazônia, visando a produção econômica, intensiva e aperfeiçoada do cacau (ALMEIDA, 2017).

Entretanto, as ações propriamente ditas de melhoramento genético do cacauzeiro, só ocorreram entre as décadas de 1940 e 1950 com a fundação do então Instituto Agrônomo do Norte (IAN), que hoje é a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Oriental, onde se formou a primeira coleção de germoplasma do gênero *Theobroma* da Amazônia brasileira, com materiais oriundos da própria região e de outros países, e, posteriormente com a criação do primeiro Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de forma organizada, onde se reuniram 19 clones de cacau de elite provenientes de Trindade e Tobago, Costa Rica, Peru e Equador, além de seleção via seminal de materiais genéticos que se destacavam por alguma característica de interesse dos melhoristas, tais como maiores tamanhos de frutos e sementes e tolerância à vassoura-de-bruxa e podridão-parda (*Phytophthora* sp) (ALMEIDA, 2017).

O programa de melhoramento genético de cacau no Brasil deu continuidade com a criação do Centro de Pesquisa do Cacau – CEPEC, em Ilhéus-BA, no ano de 1963, com objetivo de equacionar as inúmeras demandas relativas ao manejo agrônomo desse cultivo. Uma das principais ações do CEPEC foi a política de reunir maior fonte de variabilidade genética da espécie para que o programa de melhoramento genético alcançasse os ganhos desejados. Portanto, foram adotados 3 (três) procedimentos básicos (VELLO; MEDEIROS, 1965; ALMEIDA, 2017).

- i. O primeiro foi introdução de germoplasma de outros países, tanto do centro de origem, como de centros de diversidades;
- ii. O segundo foi introdução de germoplasma já existente em estações experimentais brasileiras; e
- iii. O terceiro foi a coleta de cacau em populações silvestres da Amazônia brasileira.

Com o PROCACAU e a criação do Departamento Especial da Amazônia (DEPEA), a produção de sementes híbridas de cacauzeiro foi intensificada através dos novos Campos de Produção de Sementes Híbridas (CPSH) instalados nas Estações Experimentais de Altamira, no Pará, de Ouro Preto d'Oeste, em Rondônia e do Rio Negro, no Amazonas (FRANCISCO NETO; ALMEIDA; MACHADO, 1999).

Entre as medidas para controle de principais pragas do cacau, a utilização de variedades resistentes e de alta produtividade é uma das mais adequadas, uma vez que os controles culturais, químicos e biológicos se mostraram onerosos e ineficazes em alguns casos (PINTO; PIRES, 1998; DANTAS NETO et al., 2005).

Assim, cultivares melhoradas geneticamente foram se disseminando pelo Brasil através de assistência técnica da CEPLAC. Em finais da década de 1960, através de um acordo de colaboração técnica celebrado entre a CEPLAC e o Governo do Estado do Pará, deu início as atividades de assistência técnica aos produtores das várzeas daquela região, com o propósito de os capacitar, quanto aos manejos adequados para o ganho de produtividade, uma vez que a havia entre 200 e 400 de cacauzeiros por ha, com produtividade média entre 150 e 200 kg/ha. Assim, dentre os programas propostos pela CEPLAC, priorizava-se a implantação de cacauzeiros híbridos com melhores desempenhos agrônômicos nas várzeas, materiais esses advindos dos programas de melhoramento genético. Entretanto, em 1974, por conta de grandes enchentes nas várzeas decorrentes das grandes cheias do Rio Tocantins esse programa cessou (ALMEIDA; MARTINS; ROSSY, 2013).

Em finais da década de 1990, por causa do declínio da produção de cacau ocasionado pelo avanço da vassoura-de-bruxa, o plantio de clones de cacauzeiro resistentes a esse tipo de praga, foi adotado (PEREIRA, 2001). Muitos desses clones foram desenvolvidos a partir do melhoramento genético participativo realizado pelos próprios agricultores, extensionistas e pesquisadores de instituições governamentais brasileiras.

Além de resistência às pragas, outras características são consideradas para a seleção de plantas nos programas de melhoramento, principalmente componentes de produção de sementes secas, estimados por meio de total de frutos colhidos por planta e o peso das sementes úmidas dos frutos sadios da planta. Em média, a produtividade de cacau no Brasil, em plantações comerciais não melhoradas geneticamente, é de cerca de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Entretanto, com os avanços nos programas de melhoramento registram-se variedades clonais com produtividade que superam a marca de 2.200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (ALMEIDA, 2017).

Os programas de melhoramento genético do cacauzeiro conduzido pela CEPLAC no Estado de Rondônia têm avaliado o desempenho produtivo das plantas durante vários anos na região (CARVALHO et al. 2001; ALMEIDA; DIAS; SILVA, 2009; ALMEIDA et al., 2016; GUIMARÃES, 2016). Entretanto, ainda há necessidade de ampliação da base genética dos programas de melhoramento genético de cacau.

Uma das primeiras e das mais importantes fases do melhoramento para resistência à vassoura-de-bruxa é a identificação das fontes de resistência em genótipos mais intimamente relacionados às cultivares comerciais, como nas cultivares tradicionais e, ou, silvestres (RIOS-RUIZ, 2001). De acordo com Dias e Resende (2001), existem 3 (três) métodos para identificação de genótipos resistentes:

- i. Aplicação de bloco de ágar com basidiósporos de vassoura-de-bruxa nos meristemas de plântulas ou estacas;
- ii. Uso de calos formados em cultura de tecidos para identificar os extremos de suscetibilidade e de resistência, sendo que ambos os métodos operam com pequeno número de plântulas;
- iii. Seleção de genótipos resistentes a vassoura-de-bruxa feita em grande escala, em condições de casa de vegetação, utilizando-se o sistema semi-automatizado com inoculação de basiósporos.

Este último método tem sido mais frequentemente utilizado (PIRES et al., 1999; CARVALHO et al., 2001; PAIM et al., 2006; FRANCISCO NETO, 2008; FONSECA; SILVA NETO; KOBAYASHI, 2008; ALMEIDA; DIAS; SILVA, 2009; OFORI et al., 2016; BENJAMIN et al., 2016 ALMEIDA et al., 2016).

Nas últimas três décadas têm surgidos interesses técnicos-científicos e acadêmicos no sentido de identificar progênies de cacau com maior produtividade e resistentes aos principais patógenos do gênero, para dar contributos aos programas de melhoramento no Brasil e nos países produtores (PIRES et al., 1999; Carvalho et al., 2001; PAIM et al., 2006; FRANCISCO NETO, 2008; ALMEIDA; DIAS; SILVA, 2009; OFORI et al., 2016; BENJAMIN et al., 2016; MUSTIGA et al. 2018).

Pires et al. (1999) avaliaram 565 acessos do banco de germoplasma do CEPEC sujeitos a incidência natural da vassoura-de-bruxa. O resultado indicou ampla variabilidade para resistência, registrando-se desde cacauzeiros isentos de vassoura até aqueles com mais de 90 vassouras. Dentre os acessos resistentes se encontrava o clone SCA 6, oriundos do alto Amazonas, considerado centro de origem do cacauzeiro.

Carvalho et al. (2001) tiveram como objetivo avaliar e selecionar híbridos de cacauzeiro de maior rendimento e qualidade de sementes nas condições edafoclimáticas do Estado de Rondônia. O delineamento experimental usado foi o de blocos completos casualizados. Por meio de teste de Duncan, as médias das medidas dos componentes de rendimento avaliados evidenciaram a possibilidade de selecionar materiais superiores em relação ao número total de

frutos coletados, número total de frutos sadios, peso total de sementes úmidas e peso médio de sementes úmidas por fruto. Os melhores desempenhos, quanto aos caracteres avaliados, foram obtidos em cruzamentos que incluíram os clones POUND 7 e BE 10 (número total de frutos coletados), SCA 6 e PA 150 (número total de frutos sadios), PA 150 (peso total de sementes úmidas), IMC 67 e POUND 7 (peso médio de sementes úmidas por fruto). Na análise simultânea dos caracteres, os híbridos SCA 6 x ICS 1, PA 150 x SIC 328 e IMC 67 x BE 8 sobressaíram-se em relação aos demais.

Paim et al. (2006) tinham o objetivo de identificar novas fontes de resistência em progênies de acessos de cacau da Amazônia brasileira. Os acessos, com a denominação *Cacao from the Brazilian Amazon* (CAB), foram coletados em dez bacias hidrográficas da Amazônia e comparados com progênies de SCA 6 e SCA 12, do Peru. Progênies de 40 acessos CAB e da série SCA foram avaliadas no campo por seis anos para resistência à vassoura-de-bruxa, através de análise multivariada e de medidas repetidas considerando os efeitos de progênie, ensaio, bloco, ano e suas interações. Como resultado, o trabalho evidenciou diferenças significativas no número de vassouras vegetativas em algumas das progênies amazônicas e de SCA. O resultado indicou ainda incremento no número de vassouras para os descendentes de SCA no último ano do experimento, fato não observado para as progênies dos clones amazônicos (CAB) 64, 66, 156, 194, 195, 269 e 274.

Francisco Neto (2008) teve o objetivo de estimar parâmetros genéticos (variâncias e herdabilidades) e obter os valores genotípicos com vista à seleção entre e dentro de variedades híbridas utilizando os dados tomados em plantas individuais em dois ensaios de competição de combinações híbridas de cacauzeiros conduzidos no delineamento experimental em blocos casualizados completos. O resultado do estudo trouxe evidências que os valores das herdabilidades encontradas foram de baixa magnitude (0,20 a 0,21 para híbridos e 0,13 a 0,19 para indivíduos). Entretanto, houve alta significância para todas as estimativas das variâncias genéticas. Os resultados indicaram ainda que ambas as análises realizadas (individual ou conjunta) permitiram selecionar sete híbridos *per se*, com valores altamente significativos em ambos os ensaios e, para os BLUP individuais foram discriminados indivíduos em número variado por família em todas as 36 famílias, sendo que pela análise conjunta foram selecionados 158 (5,34%) e por análise individuais 67 (4,31%) e 80 (5,69%) indivíduos nos ensaios 1 e 2, respectivamente.

Almeida, Dias e Silva (2009) avaliaram o comportamento agrônomico de 140 (cento e quarenta) acessos de cacauzeiros de diferentes origens, buscando selecionar progênies de

desempenho superior, quanto aos componentes de produção e de resistência à vassoura-de-bruxa e à coleóbroca-dos-frutos. Os acessos apresentaram elevada variabilidade em todos os caracteres avaliados. Os acessos CAB 9, CAB 13, CAB 40, CAB 218, CAB 226, CAB 417 e CAB 452 destacaram-se quanto à tolerância à vassoura-de-bruxa e coleóbroca-dos-frutos e quanto ao desempenho produtivo, que foi de intermediário a elevado.

Ofori *et al.* (2016) avaliaram a variação genética de 116 clones de cacau introduzidos em Gana. O resultado indicou diversidade genética e progênes de desempenhos superiores.

Benjamin *et al.* (2016) procuraram identificar famílias e pais resistentes a *Moniliophthora perniciosa*. Avaliou-se o número de vassoura-de-bruxa formada por árvore durante 10 (dez) anos em condições de campo. A população foi estabelecida em blocos casualizados com três repetições de 12 (doze) plantas cada. Diferenças significativas foram observadas entre as famílias. As famílias mais destacadas foram NA33 x RB39 e RB39 x P4B, que apresentaram a menor incidência de vassoura-de-bruxa durante o período de avaliação. O resultado do trabalho evidenciou ainda o aumento da infecção natural no campo das famílias de clones Scavina (SCA 6 e SCA 12) e seus descendentes após seis anos de observação. A existência de efeitos aditivos para resistência aparece claramente para as famílias, que tinham outra fonte de resistência associada à série SCA. Os clones RB39, RB36, P4B, NA33 e CSUL3 são pais promissores na pirâmide de genes de resistência e no aumento da estabilidade e durabilidade da resistência à vassoura-de-bruxa.

Almeida *et al.* (2016) avaliaram o comportamento agrônômico de clones de cacauero em Ouro Preto do Oeste-RO, por meio dos principais componentes de produção e de resistência à vassoura-de-bruxa e à coleóbroca-dos-frutos. Por meio de análise de variância (ANOVA) os resultados indicaram 13 (treze) clones (EEOP 7, EEOP 9, EEOP 26, EEOP 27, EEOP 32, EEOP 33, EEOP 40, EEOP 43, EEOP 45, EEOP 49, EEOP 50, EET 397 e SCA 6), com produtividade entre 935 e 1.350 kg de cacau seco, para 1.100 plantas por hectare.

Mustiga *et al.* (2018) avaliaram 34 famílias de cacaueros para características de vigor e produção relacionada ao longo de seis anos na Costa Rica. Modelos mistos lineares forneceram os componentes de variância para o particionamento de efeitos aditivos e não aditivos. Herdabilidades da produtividade ao longo do tempo variaram entre 0,085 e 0,576, para vigor 0,127 e 0,399, e para resistência a doenças 0,141 e 0,146.

Assim, faz-se necessário mais trabalhos em busca de ampliação da base genética da resistência à vassoura-de-bruxa, bem como outros atributos de interesse agrônômico, como a alta produtividade, com intuito de enriquecer a epistemologia de conhecimento em

melhoramento genético do cacaueteiro, bem como para ampliar o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) desse gênero no Brasil e no mundo. Nesse contexto, que um dos objetivos específicos do presente trabalho foi de avaliar o comportamento agrônômico e selecionar plantas entre e dentro de famílias de meios-irmãos de cacaueteiro ao longo de três anos, subsidiando o desenvolvimento de novas variedades comerciais que possam trazer aos produtores benefícios socioeconômicos e ambientais. Para tanto, foi elaborado, também na presente tese, uma projeção econômica, financeira e ambiental da cacauicultura em SAF, utilizando como coeficiente técnico de produtividade, a média de produtividade das 12 melhores plantas selecionadas para reprodução vegetativa (clone).

Assim, no capítulo seguinte apresenta-se a metodologia utilizada para conduzir cada objetivo específico do presente trabalho, sendo dividida em 3 seções, correspondendo a cada objetivo específico.

4 METODOLOGIA

De acordo com Collis e Hussey (2005), o presente trabalho se caracteriza como exploratório, experimental e descritivo, quanto aos objetivos. A pesquisa é exploratória devido à escassez na literatura sobre o foco do problema da pesquisa, pois a pesquisa se baseou no pressuposto que o melhoramento genético do cacaueteiro pode ser um subsídio de importância socioeconômica e ambiental para o Estado de Rondônia. Trata-se de uma pesquisa que buscou responder o questionamento a partir de exploração de abordagens teóricas e empíricas multidisciplinares, envolvendo história, ciências ambientais, ciências agrônômicas, bioestatística, ciências econômicas e financeiras. É experimental porque nela foram manipuladas e controladas variáveis independentes, a fim de observar a variação das variáveis dependentes. É ainda descritiva, uma vez que descreve o comportamento das variáveis utilizadas no estudo.

Quanto aos meios, a pesquisa se caracteriza como bibliográfica e de campo (SÁ-SILVA; ALMEIDA; GUINDANI, 2009). Bibliográfica por ter tido revisão da literatura de áreas correlatas, bem como em documentos e legislações com finalidade de se obter um embasamento teórico-metodológico consistente para a condução do estudo. Para alcançar o primeiro objetivo específico foi realizado um estudo bibliográfico sobre os aspectos socioeconômicos e ambientais que envolvem a cacauicultura em Sistema Agroflorestal, onde se traz um resgate histórico de evidências arqueológicas milenares de uso do cacau nas Américas, a sua expansão pelo mundo e no Brasil, dando maior enfoque no Estado de Rondônia, bem como a sua importância econômica, social e ambiental, embasada em teorias do desenvolvimento.

É ainda pesquisa de campo, uma vez que no segundo objetivo específico foram utilizados dados obtidos através de experimento de campo para se inferir sobre a variação das variáveis dependentes em decorrência da variação das variáveis independentes, pois compreendeu a análise de dados do desempenho produtivo de 22 (vinte e duas) progênies com intuito de selecionar os melhores cacaueteiros para serem cultivados em Sistemas Agroflorestal no estado de Rondônia, atendendo a maior produtividade e maior tolerância à vassoura-de-bruxa e coleóboca-dos-frutos. Assim, a partir de seleção das melhores cacaueteiros foi elaborada uma projeção econômica, financeira e ambiental para a cacauicultura em Sistemas Agroflorestal no Estado de Rondônia, tendo como parâmetro, a produtividade dessas melhores plantas, sendo reproduzida vegetativamente (clone).

Assim, as técnicas utilizadas para a coleta dos dados foram de análise de conteúdo e levantamento de campo. A análise de conteúdo como técnica de coleta de dados permite compreender e evidenciar indicadores não expressos explicitamente na mensagem. Já o

levantamento de campo corresponde à observação, coleta, análise e interpretação de fatos e fenômenos que ocorrem dentro de seus nichos, cenários e ambientes naturais de vivência (ROESCH, 2009).

Quanto a abordagem do problema a presente pesquisa é classificada como quali-quantitativa, uma vez que se concentrou na compreensão do problema utilizando, tanto métodos qualitativos, como os quantitativos (CRESWELL, 2009). Além de discussão teórica (métodos qualitativos), o trabalho compreendeu também experimento de campo com aplicação de estatística descritiva e inferencial (métodos quantitativos) e análise econômica e financeira (métodos quantitativos).

Assim, para facilitar a compreensão do desenho teórico-metodológico da presente pesquisa, bem como a sua futura aplicação, este capítulo foi desdobrado em três seções, as quais convergem com os objetivos propostos. Respetivamente, compreendeu apresentar os materiais e métodos para analisar a importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura, para a análise do desempenho agrônomo e seleção de plantas de cacaueteiro e, por último, para a projeção econômico-financeira e ambiental de cacauicultura em SAF com alto desempenho agrônomo.

4.1 Materiais e métodos para a análise da importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura para Rondônia

Para fazer a análise sobre a importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura para o Estado de Rondônia, procederam-se as técnicas de pesquisa bibliográfica e análise de conteúdo (TRIVINOS, 1987; ROESCH, 2009).

Com o uso da técnica de análise de conteúdo, as informações obtidas através de pesquisa bibliográfica e documental foram categorizadas de acordo com as etapas propostas por Trivinos (1987). Na primeira etapa (pré-análise) procedeu-se ao mapeamento do registro histórico do cacau, bem como a sua importância socioambiental abordando teorias de desenvolvimento. Na segunda etapa (descrição analítica) o procedimento constituiu na construção do referencial teórico, a partir dos documentos já publicados. Na terceira e última etapa (interpretação referencial) procedeu-se a análise e discussão teórica sobre a importância histórica, econômica e ambiental da cacauicultura, tendo o contexto espacial o estado de Rondônia (TRIVINOS, 1987).

4.2 Materiais e métodos utilizados para analisar o desempenho agrônômico e selecionar cacauzeiros (*Theobroma cacao*) entre e dentro de famílias de meios-irmãos

Para avaliar o desempenho agrônômico de população de melhoramento mantida pela CEPLAC na Estação Experimental Ouro Preto (ESTEX-OP) no município de Ouro Preto do Oeste-RO, foram analisados dados sobre diferentes componentes de produção do cacauzeiro entre os anos de 2012 e 2014, por meio da autorização do SisGen sob o número A9C58F9 e descritos nas subseções seguintes.

4.2.1 Experimento de campo

O experimento foi instalado no ano de 2007 na Estação Experimental da CEPLAC (10° 42' 30" S, 62° 13' 30" O), localizada no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia. De acordo com a classificação de Köppen o clima da região enquadra-se no tipo Am. A temperatura média anual é de 25,6°C, a média anual da umidade relativa do ar é de 89% e a precipitação anual total é superior a 2.200 mm (BARBOSA; NEVES, 1983). O solo da região é classificado como Cambissolo háplico eutroférico, conforme zoneamento socioeconômico e ecológico de Rondônia.

O teste de progênies de meios-irmãos foi instalado em delineamento de parcela subdividida com três repetições de oito plantas por parcela para avaliação do desempenho de 22 progênies em comparação com duas testemunhas, os híbridos IMC 67 X BE 8 e SCA 6 X ICS 1, identificados com as siglas T₁ e T₂, respectivamente, como pode ser observado na Tabela 1. Cada parcela foi constituída por 8 plantas distribuídas em duas linhas, no espaçamento de 3,0 m x 3,0 m. Duas fileiras de cacauzeiros foram plantadas ao redor da área que compreendia o ensaio, servindo como bordadura. Foram providos sombreamentos provisórios com bananeiras (*Musa spp*), espaçadas de 3,0 m x 3,0 m.

O sombreamento definitivo constituiu-se de mescla de essências florestais, que já se encontravam na área, com espaçamento variável entre plantas. Adubação e demais tratamentos culturais, como: capina, roçagem, poda, desbrota, tutoramento das plantas e controle fitossanitário, foram efetuados de acordo com as recomendações da CEPLAC.

Tabela 1. Identificação das progênes e das testemunhas, híbridos comerciais de comportamento conhecido, avaliadas no campo experimental da CEPLAC, no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.

Código das Progênes	Denominação das Progênes/Acessos
1	AM 1066 (2)
2	AM 1067 (3)
3	AM 1068 (1)
4	AM 1069 (22)
5	AM 1070 (6)
6	AM 1071 (24)
7	AM 1072 (21)
8	AM 1073 (14)
9	AM 1077 (20)
10	AM 1079 (5)
11	AM 1081 (10)
12	AM 1085 (7)
13	AM 1088 (9)
14	AM 1090 (11)
15	AM 1091 (12)
16	AM 1092 (17)
17	AM 1093 (13)
18	AM 1095 (16)
19	AM 1097 (15)
20	AM 1101 (19)
21	AM 1112 (18)
22	AM 1114 (27)
23	IMC 67 X BE 8 (T ₁)
24	SCA 6 X ICS 1 (T ₂)

Fonte: Dados da pesquisa

4.2.2 Desempenho agrônômico

Para avaliar o desempenho agrônômico das progênes foram considerados quatro características:

- i. Total de frutos colhidos da planta (TFC), em unidades (und.);
- ii. Peso das sementes úmidas dos frutos sadios da planta (PSUFS), em gramas (g);
- iii. Total de Frutos com coleóbroca-dos-frutos na planta (TFBR) em unidades (und.);
- iv. Total de frutos com vassoura-de-bruxa na planta (TFVB), em unidades (und.).
- v. Produtividade potencial (ProdP), estimada por meio da multiplicação entre o total de frutos colhidos da planta e o peso das sementes úmidas dos frutos sadios da planta (TFC*PSUFS), expresso em gramas (g);
- vi. Resistência a vassoura-de-bruxa (Fvass), estimada por meio do percentual (%) de frutos com vassoura-de-bruxa (TFVB/TFC);

- vii. Resistência a coleóbroca-dos-frutos (Fbroc), estimada por meio do porcentual (%) de frutos com coleóbroca-dos-frutos (TFBR/TFC). Para se fazer inferência sobre a produtividade, expressa em peso de sementes secas, em kg ha⁻¹, característica essa de interesse do agricultor, utilizou-se a taxa de 38%, como o fator de conversão médio de cacau úmido para cacau seco (PIRES; ROSA; MACÊDO, 2012).

Os componentes de rendimento foram mensurados em intervalos de 30 a 60 dias, nos anos de 2012 a 2014, correspondentes ao período do 4º ao 6º ano de plantio.

4.2.3 Análises estatísticas

As características avaliadas foram submetidas à análise de variância em modelo de parcela subdividida, alocando-se blocos e famílias na parcela e anos de produção na subparcela, conforme o modelo (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997; DIAS; BARROS, 2009):

$$Y_{ijk} = u + f_i + b_j + (fb)_{ij} + a_k + (fa)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Y_{ijk} = é o valor observado na parcela da i-ésima família, no j-ésimo bloco e k-ésimo ano;

u = é a média geral, considerada como efeito fixo;

f_i = é o efeito da i-ésima família, considerado como efeito fixo;

b_j = é o efeito do j-ésimo bloco, considerado como efeito fixo;

$(fb)_{ij}$ = representa o erro experimental a nível de parcelas, considerado como efeito aleatório;

a_k = representa o efeito de anos, considerado efeito fixo;

$(fa)_{ik}$ = é o efeito da interação entre famílias e anos, considerado como aleatório;

ε_{ijk} = é o erro experimental a nível de subparcelas, considerado como aleatório;

As médias de produção foram agrupadas com o teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade. Associado a esse modelo foram estimados os parâmetros genéticos para a herdabilidade e a repetibilidade e a partir das estimativas das variâncias genotípica e fenotípica com as decomposições para as respectivas estimações (CRUZ, 2009).

A herdabilidade (h^2) definida como a razão entre o componente de variância de natureza genética e a variância fenotípica (RESENDE, 2002), foi obtido a partir da seguinte fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{(\sigma_g^2 + \sigma_f^2)} \quad (2)$$

Em que:

h^2 : é a herdabilidade no sentido restrito;

σ_g^2 : Variância genotípica;

σ_f^2 : Variância fenotípica.

O coeficiente de herdabilidade (h^2) tem uma amplitude que varia entre 0 e 1, sendo que quando o h^2 é menor que 0,1 é considerada baixa herdabilidade, ou seja, a variabilidade é explicada pelo ambiente, e não pela genética. Quando h^2 está entre 0,1 e 0,3, significa que tem média herdabilidade, ou seja, a variabilidade é explicada tanto pela genética, quanto pelo ambiente. Já quando o coeficiente h^2 for maior que 0,3 significa alta herdabilidade, ou seja, a variabilidade encontrada é explicada pela diferença genética entre os indivíduos.

Por sua vez, a repetibilidade corresponde à correlação entre medidas tomadas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas ao longo do tempo. A repetibilidade também pode ser definida como o valor máximo da herdabilidade em sentido amplo, pois mensura a variação atribuída às diferenças genéticas confundidas com os efeitos permanentes que atuam nas progênes (BRAZ, 2012). No ponto de vista estatístico, corresponde a correlação entre medidas tomadas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas ao longo do tempo.

De acordo com Braz (2012), a repetibilidade expressa o valor máximo que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir, pois indica a proporção da variação fenotípica, que é atribuída às diferenças genéticas confundidas com os efeitos permanentes que atuam nas progênes. Em suma, este parâmetro estima a possibilidade de as observações serem repetidas nas próximas gerações, sendo de interesse para os programas de melhoramento genético.

O coeficiente de repetibilidade (p) foi obtido a partir da seguinte fórmula:

$$p = \frac{\sigma_g^2}{(\sigma_e^2 + \sigma_g^2)} \quad (3)$$

Em que,

p : coeficiente de repetibilidade;

σ_g^2 : estimativa da variância entre genótipos;

σ_e^2 : estimativa da variância do erro experimental.

A amplitude do coeficiente de repetibilidade (p) varia de 0 a 1, sendo que valores iguais ou menores que 0,30 são considerados de repetibilidade baixa, ou seja, existe pouca chance de ocorrência de variações fenotípicas em mesmas proporções das observadas. Quando o coeficiente p for entre 0,30 e 0,60, são considerados de repetibilidade mediana, podendo haver

chance de ocorrência de variações fenotípicas em mesmas proporções das observadas. Já quando é maior que 0,60, significa que a repetibilidade é alta, ou seja, com alta probabilidade de ocorrer as variações fenotípicas nas mesmas proporções das observadas (RESENDE, 2002).

A análise de adaptabilidade foi processada com as médias de produção das três repetições, considerando cada ano de produção como um ambiente. A estatística de estabilidade e adaptabilidade adotada foi P_i de Lin & Binns (1988), definida por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2}{2n} \quad (4)$$

Em que:

P_i = é a estimativa da estabilidade e da adaptabilidade da família i ;

Y_{ij} = é a produtividade da família i no ano de produção j ;

M_j = é a resposta máxima observada entre todas as famílias no ano de produção j ;

n = número de anos de produção.

Atribuiu-se a ordem de número 1 a progênie com a menor estimativa do respectivo parâmetro, e assim por diante, até a ordem de número g , atribuída a progênie com a maior dessa estimativa.

Para a seleção entre e dentro de famílias de cacaveiros foi considerado o procedimento da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG), visando selecionar, simultaneamente, para produtividade e estabilidade ao longo dos anos. Este método baseia-se em uma propriedade da média harmônica que favorece os genótipos de valor genético superior e que apresentam menor variação entre os anos (RESENDE, 2002). É representado pela seguinte equação:

$$MHPRVG_i = \frac{m}{\sum_1^m \frac{1}{VG_{ij}}} \quad (5)$$

Em que:

$MHPRVG_i$ = é a média harmônica da performance relativa dos valores genéticos;

m = é o número de medições (anos);

VG_{ij} = é o valor genotípico da i -ésima planta no j -ésimo ano expresso como proporção da média.

Após a interpretação das estimativas dos parâmetros genéticos que permitiram inferir sobre a qualidade experimental, identificaram-se as 12 melhores plantas, atendendo o requisito de, no máximo, dois indivíduos de cada progênie, uma vez que se trata de plantas alógamas

(YAMADA et al. 2013). Assim, para se elaborar a projeção econômico-financeira e ambiental de cacauicultura em SAF utilizaram-se os coeficientes técnicos de produtividade das 12 melhores plantas selecionadas, considerando nova média com a propagação clonal.

Todos os dados foram tabulados através dos recursos do *software Microsoft Excel* 2016 e posteriormente analisados através dos *softwares* SELEGEN (RESENDE, 2002) e GENES (CRUZ, 2009).

4.3 Materiais e métodos para a projeção econômica, financeira e ambiental da cacauicultura em SAF

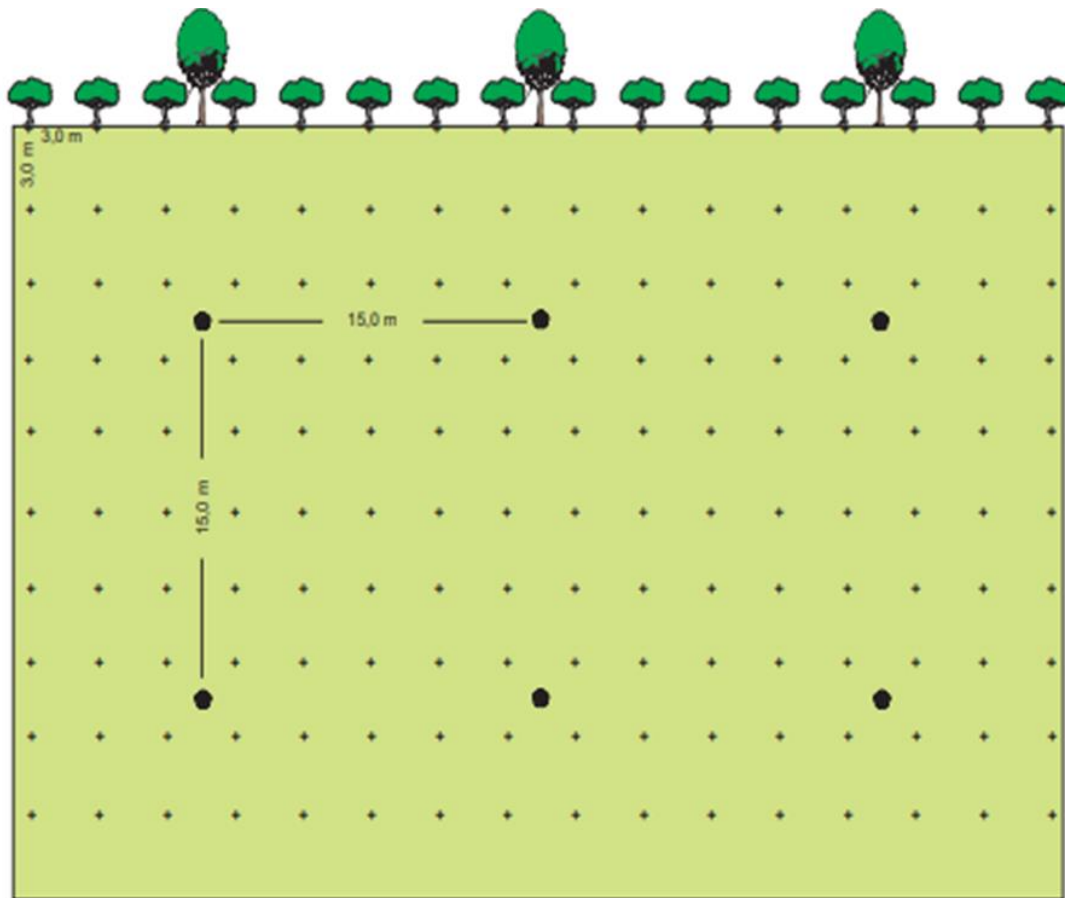
Para a projeção econômica, financeira e ambiental de cacauero em SAF, foram utilizados coeficientes técnicos de produtividade das 12 plantas com melhores desempenhos agrônomicos na população de melhoramento selecionadas neste trabalho, considerando um limite de até dois genótipos de uma mesma progênie por meio do procedimento da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG), devido a autoincompatibilidade esporofítica característica dessa espécie (YAMADA et al. 2013).

Assim, seguindo as recomendações de Yamada et al. (2013), utilizou-se como referência, 1 hectare de cacau plantado com espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, com sombreamento provisório de bananeiras (*Musa* spp), também em espaçamentos de 3,0 m x 3,0 m e sombreamento definitivo de mescla de essências florestais, no espaçamento de 15,0 m x 15,0 m, de acordo com as condições de campo da ESTEX-OP, conforme croqui ilustrado na Figura 13.

O croqui de planta baixa de SAF de cacauicultura em consórcio com mescla de essências florestais (FIGURA 14) ilustra o espaçamento utilizado para a projeção econômica e ambiental objeto deste trabalho. Assim, o SAF projetado contempla 1.111 plantas de cacau e 44 plantas de mesclas de essências florestais, em 1 ha. As bananeiras, em mesmo número de cacaueros são plantadas entre quatro cacaueros (CEPLAC, 2015).

Utilizou-se como referência 1 ha, seguindo as abordagens de Sanguino et al. (2007) que explica que essa unidade de medida é capaz de eliminar o efeito escala da produção, que poderia ocorrer em propriedades de tamanhos diferentes.

Figura 14. Croqui e planta baixa do SAF de cacau em consórcio com mescla de essências florestais.



Fonte: CEPLAC (2015)

As receitas com a venda de sementes de cacau secas foram calculadas com base na produtividade média para reprodução vegetativa (clone), das 12 (doze) plantas selecionadas no programa de melhoramento genético objeto do presente trabalho e multiplicadas pelo preço pago aos produtores no município de Ouro Preto do Oeste-RO, pelos cerealistas locais (SANTOS, 2019). Por outro lado, projetou-se também, como receita, a venda com a produção de banana prata, com início no segundo ano e término no quinto ano após a implantação, além da venda com as madeiras (mesclas de essências florestais) após vinte anos do plantio.

Além de se estimar a receita com a venda de sementes de cacau, banana e madeira, estimou-se a receita com venda de crédito de carbono, como *proxy* de serviços ambientais de mitigação do efeito estufa. Para tanto, os coeficientes para a estimativa de estoque de carbono total (no solo e na parte aérea) foram extraídos a partir de trabalhos já publicados (CAIRNS et al., 1997; PARRON et al. 2015, MASCARENHAS et al. 2017).

Adotaram-se as abordagens de Parron et al. (2015) para a utilização de dados de estoque de carbono no solo de cacauzeiros em Sistemas Agroflorestais encontrados por Mascarenhas et

al. (2017), para calcular a quantidade total de carbono estocado em 1 ha de cacauicultura em SAF com alto desempenho agrônomico, uma vez que foram conduzidos em mesmas condições do campo do presente trabalho. De acordo com Parron et al. (2015) a quantidade do estoque de carbono varia em função do tipo de solo, profundidade, clima, bioma e, principalmente, uso e manejo do solo. Portanto, tanto este trabalho como o de Mascarenhas et al. (2017) foram conduzidos na ESTEX-OP, em Ouro Preto do Oeste-RO.

Mascarenhas et al. (2017) encontraram, em média, 73,76 Mg/ha de carbono estocados no solo, numa profundidade entre 0 e 40 cm, numa plantação de cacaueteiro em SAF de 20 anos. Entretanto, além de carbono estocado no solo, a parte aérea das árvores também estocam carbono. Cairns et al. (1997), defendem que o estoque de carbono encontrado no solo, corresponde em média 26% do carbono estocados pela biomassa aérea. Assim, para estimar o estoque de carbono total utilizado no presente estudo, seguiu-se a abordagem de Cairns et al. (1997).

Uma vez estimado o estoque de carbono (C), houve a necessidade de o converter em carbono equivalente (CO_2eq), pois as negociações, tanto no mercado regulado de carbono, como no mercado voluntário de carbono, são feitas em função do CO_2 equivalente (CO_2eq), o que equivale a 1 crédito de carbono. O fator de conversão é de 1 Mg de CO_2 para 3,67 Mg de CO_2eq (TORRES et al., 2011; ASIGBAASE et al., 2021). Nesse sentido, as receitas com o crédito de carbono, como *proxy* de serviços ambientais foram estimadas de acordo com a cotação média do mercado voluntário de carbono em 2020, negociado no valor de US\$ 5,00/Mg de CO_2eq (ASIGBAASE et al., 2021), respeitando a taxa de câmbio de 1º de novembro de 2020, de R\$ 5,74/US\$.

Nessa conjuntura, a Tabela 2 apresenta a estrutura das receitas utilizadas para a projeção econômica e ambiental de 1 ha de cacauicultura em SAF com mescla de essências florestais. Considerando que o preço de madeira em Rondônia foi de R\$ 71,74 por m^3 em 2015, de acordo com o Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2020), corrigiu-se o preço da venda para a presente data através do Índice de Preços ao Consumidor (IPC), ano de 2020 (TABELA 2).

Tabela 2. Resumo da estrutura de das receitas utilizadas para a projeção econômica e ambiental de cacauero em SAF

Produtos	Designação	Unid.	Preço de Venda (R\$)	Fonte
Cacau	Consiste nas sementes de cacau produzidas. Após a colheita dos frutos, as sementes passam pelo processo de beneficiamento e ensacadas em sacos de ráfia de 60 kg, e vendidas para os cerealistas de Ouro Preto do Oeste-RO, de acordo com a cotação do cacau na Bolsa de Nova Iorque, no dia 3 de novembro de 2020 e respeitando o câmbio do dia.	kg	13,14	Santos (2019) e Investing (2020)
Banana prata	Consiste nas bananas colhidas e vendidas no local para revendedores desse produto na região.	kg	1,00	Emater-RO (2020)
Crédito de carbono	Consiste em 1 tonelada de carbono equivalente (CO ₂ eq) estocado pelas plantas, que é vendido às empresas emissoras de GEE, no mercado voluntário de carbono.	unid.	28,70	Asigbaase et al., (2021)
Madeira	Consiste na madeira em tora/árvore vendidas no local (em pé) às madeireiras, devidamente certificadas para o efeito. De acordo com a CEPLAC (2015), cada árvore produz em média 1,5 m ³ de madeira, aos 20 nos.	m³	86,70	SFB (2020)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os coeficientes para o cálculo de custos referentes à implantação e manutenção do SAF foram calculados a partir do manual de implantação da cacauicultura em SAF (CEPLAC, 2015), com adaptações de acordo com Paraense, Mendes e Freitas (2013), Zugaib et al. (2017) e Santos (2019) e apresentados na Tabela 3.

Como pode ser observado na Tabela 3, os custos foram organizados em 4 (quatro) categorias: a) Mão-de-Obra Direta (MOD) – consiste em trabalho braçal que vai desde a limpeza e preparo da área, correção do solo, plantio, trato cultural, até a colheita e beneficiamento; b) Insumos – são todos elementos não permanentes, utilizados para a implantação e manutenção da lavoura, especificamente mudas, fertilizantes, materiais e ferramentas utilizados nos tratos culturais, colheita e beneficiamento; c) Transporte – são as despesas com transporte dos insumos até à lavoura; e d) Assistência técnica – consiste em apoios e/ou orientações técnicas para a implantação e manutenção da lavoura.

Tabela 3. Resumo da estrutura do custeio do investimento e manutenção utilizados para a projeção econômica e ambiental de cacau em SAF

Designação	Unidade	Custo Unitário (R\$)
1. Mão-de-Obra Direta (MOD)		
Limpeza e preparo da área	d/h	70,00
Calagem de toda a área	d/h	70,00
Preparo e balizamento dos cacauzeiros	d/h	70,00
Cova e plantio de bananeiras e essências florestais	d/h	70,00
Cova, adubação e plantio de cacauzeiro	d/h	70,00
Roçagem	d/h	70,00
Replanteio	d/h	70,00
Controle de pragas	d/h	70,00
Desbrota do cacau	d/h	70,00
Manejo do sombreamento	d/h	70,00
Poda de formação	d/h	70,00
Adubação	d/h	70,00
Poda de manutenção	d/h	70,00
Poda fitossanitária	d/h	70,00
Colheita/beneficiamento	d/h	70,00
2. Insumos		
Mudas de cacau	unid.	3,00
Mudas de bananeira	unid.	1,00
Mudas de essências Florestais	unid.	5,00
Inseticida líquido	litro	88,00
Calcário	ton.	20,30
Adubo químico (NPK)	kg	3,00
Espalhante adesivo	litro	29,30
Facão	unid.	30,90
Podão	unid.	15,00
Sacaria	unid.	4,50
3. Transporte (5% do custo com os insumos)		
4. Assistência Técnica (1% do custo com a MOD, insumos e transporte.		

Fonte: Adaptado de CEPLAC (2015), Paraense, Mendes e Freitas (2013), Zugaib et al. (2017) e Santos (2019).

Além dos coeficientes técnicos para a implantação e manutenção de 1 ha de cacau em SAF, descrito na Tabela 3, considerou-se também como custo do empreendimento, o custo de capital de terceiros, que consiste na remuneração que o investidor paga às instituições financeiras em contrapartida aos empréstimos obtidos. Assim, projetou-se como o custo de capital de terceiros o valor total de juros passivos pagos ao contrair empréstimo para investir no SAF. Para tanto, baseou-se na linha de crédito estabelecida pelo PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) – Floresta³ do Banco da Amazônia, cujas condições se encontram na Tabela 4.

³ PRONAF – Floresta - linha de crédito de investimento para Sistemas Agroflorestais, destinada à agricultores familiares, ou seja, para produtores rurais, cuja extensão da propriedade objeto do projeto, não ultrapasse a 4 módulos fiscais (BASA, 2020). No município de Ouro Preto do Oeste 1 módulo fiscal corresponde a 60 ha de terra, de acordo com o Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR) (INCRA, 2020).

Tabela 4. Estrutura das condições do crédito do PRONAF - Floresta

Descrição	Condições	Condições projetadas para o presente trabalho (1ha)	Unidade
Montante/Capital	60.000,00	15.000,00	R\$
Taxa de Juros a.a	3,00	3,00	%
Carência de Capital	12	3	ano
Prazo	20	8	ano

Fonte: Elaborado pelo autor

As condições de crédito projetadas para a implantação e manutenção de 1 ha de cacau em SAF (TABELA 4), foram estabelecidas de acordo com a necessidade de capital a ser investido no primeiro ano e parte do segundo ano, de acordo com o fluxo de caixa projetado. Nesse sentido, o custo de capital de terceiros foi estimado através da seguinte fórmula.

$$j = C * [(1+i)^n - 1] \quad (6)$$

Em que:

j = é o total de juros ativos pagos ao longo do período n , considerado como o custo do capital;

C = é o capital utilizado, ou seja, o montante do empréstimo;

i = é a taxa do juro do empréstimo;

n = é o número do período para liquidar o empréstimo.

Após a projeção de todos os custos e todas as receitas, apurou-se o lucro operacional, bem como os benefícios socioeconômicos e ambientais do SAF. Para este trabalho, consideraram-se os benefícios socioeconômicos e ambientais como o lucro operacional do SAF, somado ao valor estimado da venda de crédito de carbono.

Com a apuração dos benefícios socioeconômicos e ambientais, procedeu-se a análise de viabilidade econômica do projeto. Para tanto, os indicadores de viabilidade econômica foram estimados: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Taxa Interna de Retorno (TIR) (SANTANA, 2005).

O Valor Presente Líquido (VPL) indica a diferença entre o somatório das receitas e custos atualizados para uma determinada taxa de desconto, denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA)⁴. Um projeto é considerado viável quando o VPL for maior que zero, e sua

⁴ A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) corresponde a remuneração mínima em percentual (%) que um empreendedor almeja ao investir em um determinado negócio (REZENDE; OLIVEIRA, 2008). Para o presente trabalho, optou-se por utilizar a TMA de 10% a.a., seguindo a abordagem de Nishi et al. (2005). De acordo com esses autores essa taxa é recomendada para a avaliação de projetos candidatos ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), pelo Centro de Estudos Integrados sobre o Meio Ambiente e Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente do Brasil.

atratividade é diretamente proporcional ao valor apresentado. O indicador é representado pela seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (7)$$

Em que:

R_t = é o valor nominal das receitas ao longo do período t ;

C_t = representa o valor nominal dos custos ao longo do período t ;

i = é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA);

t = corresponde o período em que as receitas e os custos ocorrem;

n = é o número de período ou duração do projeto.

O Valor Anual Equivalente (VAE) indica o lucro descontado que o empreendimento proporciona a cada ano, ou seja, transforma o VPL em fluxo de receitas ou custos periódicos e contínuos, equivalentes ao valor atual, durante a vida útil do projeto. Quanto maior for o VAE melhor será o sucesso do projeto. Esse indicador é representado pela seguinte fórmula:

$$VAE = \frac{VPL * i}{[1 - (1+i)^{-n}]} \quad (8)$$

Em que:

i = Taxa de juros unitária (TMA);

n = Número de período ou duração do projeto

A Taxa Interna de Retorno (TIR) corresponde a taxa de desconto do capital que faz um determinado fluxo de caixa igualar o seu VPL a zero. Representa o aumento que o investimento teve ao longo do tempo, sendo que se for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o projeto é considerado viável.

O TIR é representado pela seguinte fórmula:

$$TIR = \text{capital} - \sum_{j=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (9)$$

Em que:

capital = Valor do investimento feito no início do período;

F_t = Entrada de capital no período; e

i = Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Após a análise de indicadores de viabilidade descritos acima, procedeu-se a análise de sensibilidade dos mesmos. A análise de sensibilidade consiste em análise de cenários, quando ocorrem mudanças de cenários negativos e positivos, envolvendo receitas e/ou despesas. Essa

análise é aplicada, principalmente em projetos de longa duração e/ou em projetos com produtos e serviços cujos preços sofrem constantes variações por conta de fatores externos a empresa.

Nesse sentido, para a análise de sensibilidade, estabeleceram-se variações de 50%, tanto negativa como positiva, em relação ao preço de venda de amêndoas de cacau, de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5. Cenários do preço de cacau utilizadas na análise de sensibilidade

Cenário Pessimista	Cenário Intermediário	Cenário Otimista
R\$ 6,57	R\$ 13,14	R\$ 19,71

Fonte: Elaborado pelo autor

O preço intermediário é o preço de cacau pago aos produtores rurais, pelos cerealistas do município de Ouro Preto do Oeste, de acordo com a cotação de cacau na Bolsa de Nova Iorque, que em 3 de novembro 2020 estava cotado em US\$ 2.286,00 por tonelada. Assim, respeitando o câmbio de venda de dólar para a mesma data, no valor de R\$ 5,75/US\$, o preço do cacau foi estabelecido em R\$ 13,14 por kg. O cenário pessimista é a deflação de 50% do preço de cacau, enquanto o cenário otimista é a alta do preço em 50%, ou seja, uma inflação. Optou-se por essa variação, uma vez que o preço de cacau na bolsa de valores pode variar para mais ou para menos até 49,4% (ZUGAIB; BARRETO, 2015).

Assim, após mudanças de cenários para pessimista e otimistas, procedeu-se a análise dos indicadores econômicos projetados, nesses 3 (três) cenários (pessimista, intermediário e otimista).

Todos as ferramentas da projeção econômica, financeira e ambiental foram processadas através do *software Microsoft Excel 2016*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentam-se os resultados do estudo, de acordo com os objetivos específicos propostos, para tanto foi desmembrado em 3 seções. Na primeira seção apresentam-se as discussões sobre a importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura para Rondônia.

Na segunda seção o resultado e discussão do trabalho de campo que tinha como objetivo a análise do desempenho produtivo de progênie de meios-irmãos de cacauzeiros silvestres coletados na Amazônia Brasileira com intuito de selecionar as melhores progênies que subsidiem o desenvolvimento de novas cultivares com melhores desempenhos agrônômicos, no que tange a resistência à vassoura-de-bruxa e coleóbroca-dos-frutos, além de maior rendimento por hectare.

Por último, na terceira parte (três) apresenta-se o resultado de uma projeção econômico-financeira e ambiental para uma plantação em Sistema Agroflorestal de progênies de cacauzeiros com melhores desempenhos agrônômicos no programa de melhoramento genético.

5.1 Importância histórica, socioeconômica e ambiental da cacauicultura para Rondônia

Como já foi abordado ao longo do referencial teórico, o cacauzeiro teve a sua origem na bacia amazônica e a sua domesticação data de cerca de 5.300 anos atrás, desde a civilização dos povos Mayo-Chinchipec que habitavam a região do Equador. As culturas dos Maias também tinham o cacau como um fruto sagrado nas suas cerimônias religiosas, o que fez com que, por muito tempo, os estudiosos do ramo defendessem que os Maias eram os primeiros povos a domesticarem o cacau e a produzirem o chocolate. Essa ideia mudou em 2011 quando um grupo de historiadores trouxe evidências científicas da presença do DNA do cacau em artefatos arqueológicos pertencendo aos Olmecas, datados de mais 3.000 anos. Entretanto, em 2018 outra evidência científica indica que a civilização pioneira na utilização do cacau e de seus derivados foram os povos Mayo-Chinchipec, muito antes dos Olmecas e dos Maias.

Quanto ao primeiro contato de cacau com o povo europeu, sabe-se que foram os colonizadores espanhóis, por volta do século XV, que observaram a importância dada pelos Maias às sementes de cacau e de seus derivados. Foi também nessa altura que o cacau, em contato com os colonizadores, foi ganhando importância econômica com a expansão do consumo de chocolate. Primeiramente os espanhóis, por meio de mão-de-obra escrava introduziram o cacau na ilha de Trinidad (Trindade e Tobago) e Venezuela. No Brasil, a exploração econômica iniciou em 1670, no estado do Pará, entretanto com pouco sucesso, comparado com o que se produzia na América Central. O cenário da produção de cacau no país

mudou, quando em 1746 foram introduzidas, no Sul da Bahia, sementes oriundas do Pará. Assim, no final do século XIX, a cultura de cacau passou a ser considerada como uma importante atividade econômica, com o viés exclusivamente lucrativo e com exploração de mão-de-obra escrava.

A partir do cenário econômico do cacau no Sul da Bahia, já no século XIX, os colonos portugueses levaram o cacau para ser explorado em suas colônias africanas, iniciando em São Tomé e Príncipe, depois Guiné Equatorial, que por sua vez se estendeu até Gana, Nigéria e Costa do Marfim. Entretanto, o modelo de cultivo de cacau adotado então era centrado na mão-de-obra escrava, visando exclusivamente o ganho de capital, sem anteder aos requisitos sociais nem os ambientais, sistema responsável pelo desmatamento de milhares de hectares de áreas de florestas nativas africanas. Este modelo de exploração econômica, como pontua Ribeiro (2008), dá origem a vulnerabilidades futuras dos atores locais, pois destroem as relações entre povos, seus territórios, suas culturas além do meio ambiente que se insere.

A implantação comercial de cacau no Estado de Rondônia, apesar de iniciada na década de 1970, período esse após a abolição da escravatura, o seu planejamento não atendeu também aos requisitos mínimos do modelo de desenvolvimento local, mas sim um modelo que beneficia os *outsiders*, uma vez que o intuito era a garantia de fornecimento de matéria-prima para grandes indústrias processadoras dos derivados do cacau. Com a baixa de preço no mercado de cacau, as pressões dos atores sociais quanto as condições de trabalho nas lavouras, aparecimento de doenças como a vassoura-de-bruxa, bem como a proibição de alguns pesticidas e inseticidas sintéticos, os cenários de área produtiva do cacau no Estado de Rondônia foi mudando, deixando os pequenos agricultores vulneráveis entre os finais da década de 1980 e início da década de 1990, que chegaram a abandonar cerca de 35 mil hectares. A maior parte dessa área foi substituída por áreas de pastagem dos próprios produtores e também de grandes produtores de gado que compravam essas terras dos pequenos agricultores.

Esse cenário mudou em Rondônia com os novos paradigmas da produção agrícola no estado. A CEPLAC por meio de conscientização através de programas de extensão rural, passou a interferir em políticas voltadas para o desenvolvimento local, através de difusão e transferência de tecnologias para cacau em Sistemas Agroflorestais e o controle de vassoura-de-bruxa através de introdução de cultivares melhoradas geneticamente para tal efeito. Os resultados positivos foram visíveis em 2005, chegando a atingir 9.638 famílias de pequenos agricultores locais. Portanto, houve uma interação entre os agentes locais, formados por pequenos agricultores produtoras do cacau, instituições de pesquisa, universidades, técnicos de

agências públicas e privadas de pesquisa, entre outros, na alavancagem da pesquisa tecnológica e a sua aplicação no que toca aos aspectos sociais e ambientais, como pontua Souza (2005).

Apesar do cenário econômico e social da produção do cacau ter melhorado em 2005, como resultado de políticas voltadas ao modelo de desenvolvimento local, em 2007 iniciou-se uma queda brusca da produção de cacau no estado. Esta queda tem uma relação inversa com o aumento da área produtiva de soja, bem como da área de pastagem (SANTOS; LIMA; SOUZA JÚNIOR, 2018), o que se leva a frisar que o modelo de desenvolvimento do estado de Rondônia ainda está voltado para o modelo de expansão capitalista, do qual os *policy makers* procuraram seguir recomendações de políticas baseadas em crescimento econômico, deixando de fora os quesitos social e ambiental (LIMA; SIMÕES, 2010).

Outrossim, com a área plantada de cacau ainda existente no estado de Rondônia, estimada em 9.352 hectares (IBGE, 2020), havendo uma política pública envolvendo todos os *stakeholders* do ramo do cacau incluindo a comunidade técnica, científica e acadêmica, o estado tem um potencial de produzir cerca de 11 mil toneladas de cacau, atendendo a uma produtividade média de cerca de 1.200 kg/ha/ano⁻¹. Esses resultados são possíveis, entretanto todos os *stakeholders* teriam que estar envolvidos no investimento na recuperação de áreas degradadas de cacau, bem como na implantação Sistemas Agroflorestais (SAFs). Além disso, pesquisas paralelas em melhoramento genético visando ganho de produtividade e tolerância às principais pragas devem ser conduzidas para futuras substituições de plantas pouco produtivas e pouco resistentes às principais doenças do cacau.

Não obstante a produção de cacau em SAFs poderia trazer inúmeros benefícios sociais e ambientais, tais como manutenção das condições de habitabilidade do planeta, manutenção dos ciclos biogeoquímicos, manutenção do clima, oferta de paisagem/amenidades, proteção de mananciais hídricos, proteção da diversidade de genes e espécies, estoque de carbono, reciclagem de resíduos urbano-industriais, produção de madeira, produção agrícola, dentre outros, além de recursos financeiros para os pequenos agricultores locais, com a venda de créditos de carbono, sendo estimado a geração de cerca de 486.304 MgCO₂eq/ano, considerando que 1 ha de SAF de cacau estoca em torno de 14,18, MgC/ano (CAIRNS et al. 1997; MASCARENHAS et al. 2017).

5.2 Desempenho agrônômico e seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos de cacaueteiro (*Theobroma cacao*)

5.2.1 Análise dos componentes de produção de sementes úmidas por planta

Os resultados da análise de variância indicam que os efeitos de progênies e de anos foram significativos a 1% de probabilidade para todas as características produtivas avaliadas, indicando a existência de variabilidade genética entre as progênies. Especificamente, o efeito da interação famílias x anos foi significativo a 5% de probabilidade apenas para a produtividade potencial (Tabela 6). A significância do efeito da interação PxA indica que as famílias apresentaram mudanças no seu desempenho relativo ao longo do tempo.

Quanto ao desempenho das progênies, a produtividade potencial (ProdP) apresentou média geral de 1.596,84 gramas de sementes úmidas planta⁻¹, o que equivale a uma produtividade de 674 kg de sementes secas hectare⁻¹, se forem plantadas 1.111 plantas hectare⁻¹ (ALMEIDA et al., 2016). Esta estimativa de produção está acima da média das plantações comerciais no Brasil, no entanto produtividades superiores foram relatadas em plantios nos Estados da Bahia (PIRES, 2003) e Rondônia (OKABE et al. 2004, ALMEIDA; DIAS; SILVA, 2009; GUIMARÃES, 2016; ALMEIDA et al., 2016).

Tabela 6. Estimativas do teste F da análise de variância do total de frutos colhidos (TFC), produção de sementes em gramas por planta (ProdP), percentual de frutos brocados (Fbroc), percentual de frutos com vassoura-de-bruxa (Fvass) de 22 progênies de cacaueteiros e duas testemunhas avaliadas no campo experimental da CEPLAC localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.

FV	GL	TFC	ProdP	Fbroc	Fvass
Blocos	2				
Progênies	23	1.74*	1.72*	1.89*	1.73*
Erro A	46				
Anos	2	6.01**	7.78**	146.02**	58.23**
Interação PxA	46	1.38 ^{NS}	1.61*	1.32 ^{NS}	1.40 ^{NS}
Erro b	96				
TOTAL	215				
Média 12 meses		15.0	1567.9	9.7	3.1
Média 24 meses		12.7	1374.0	10.3	4.4
Média 36 meses		16.6	1848.6	34.5	13.3
Média geral		14.80	1596.84	18.17	6.95

** : significativo a 1% de probabilidade, * : significativo a 5% de probabilidade, ^{NS} : não significativo, **TFC**: total de frutos colhidos, **ProdP**: produtividade potencial, **Fbroc**: Percentual de frutos brocados, **Fvass**: percentual de frutos com vassoura-de-bruxa.

Pires (2003) observou uma média do peso de sementes secas por hectare de 893 kg, nas condições de Centro de Pesquisa de Cacau (CEPEC), em Ilhéus-BA. Okabe et al. (2004) avaliaram o desempenho de 48 clones de cacaueteiro de diferentes origens genéticas e

evidenciaram que a média geral do peso de sementes secas hectare⁻¹ foi de 1.195 kg. Almeida, Dias e Silva (2009) registraram 1.890 gramas de cacau úmido planta⁻¹, ao avaliarem o comportamento agrônomo de 140 (cento e quarenta) acessos de cacau de diferentes origens. Guimarães (2016) evidenciou 798 kg de sementes secas hectare⁻¹, como produtividade média, ao avaliar a diversidade genética no Banco Ativo de Germoplasma da ESTEX-OP. Por último, Almeida et al. (2016), ao avaliarem o comportamento agrônomo de clones de cacauzeiro, também em Ouro Preto do Oeste-RO, evidenciaram que a média geral para produtividade foi de 816 kg de sementes secas hectare⁻¹.

Em relação à resistência em campo, observou-se um aumento na infestação de pragas e doenças com o passar dos anos, com média geral de 18,17% para frutos brocados (Fbroc) e 6,95% para frutos com vassoura-de-bruxa. Esses resultados indicam infestação superior em relação ao observado por Pires (2003) na Bahia e Almeida, Silva e Dias (2009) em Rondônia, entretanto, inferiores a infestação relatada por Okabe et al. (2004). Pires (2003) observou que aproximadamente 59% dos frutos apresentaram vassoura-de-bruxa, para os 50 melhores clones avaliados em seu trabalho. Já Almeida, Silva e Dias (2009) evidenciaram 43,74% de frutos com vassoura-de-bruxa e 30,06% para a frutos brocados, como média geral para todos os acessos avaliados. Okabe et al. (2004) obtiveram valores médios para percentual de frutos brocados e percentual de frutos com vassoura-de-bruxa de 5,34% e 7,71%, respectivamente.

Apesar do aumento de infestação ao longo dos anos, tanto da vassoura-de-bruxa como da broca, observa-se que não houve diferença significativa na interação Progêneses x Anos (PxA). Esse resultado indica que as progêneses resistentes apresentaram uma tendência de manter seu comportamento ao longo dos anos. Embora esse resultado não seja comum na avaliação ao longo do tempo do cacauzeiro (CARVALHO *et al.* 2001), outros trabalhos já registraram ausência da interação PxA tanto para incidência de vassoura-de-bruxa, quanto para o ataque da broca dos frutos (ALMEIDA, 1991; DIAS; KAGEYAMA,1998).

A existência de variabilidade genética entre as progêneses indica a possibilidade de obtenção de ganhos com a seleção. O sucesso do melhoramento genético depende da acurácia de seleção, que se fundamenta na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos, definidas como variáveis aleatórias desconhecidas que são estimadas utilizando modelos biométricos adequados para avaliação genética dos candidatos à seleção (FRANCISCO NETO, 2008). Nessa modelagem, o progresso genético a ser obtido depende do diferencial de seleção e das estimativas dos componentes genéticos (Tabela 7).

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros genéticos do total de frutos colhidos (TFC), produção de sementes em gramas por planta (ProdP), percentual de frutos brocados (Fbroc), percentual de frutos com vassoura-de-bruxa (Fvass) de 22 progênies de cacauzeiros e duas testemunhas avaliadas no campo experimental da CEPLAC localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.

Parâmetros genéticos	TFC	ProdP	Fbroc	Fvass
Componente variância da parcela	7.8	81715.4	9.7	2.4
Componente quadrático da subparcela	3.2	49619.6	198.9	30.3
Componente variância da interação	2.8	44377.7	5.3	2.5
Herdabilidade média (h^2)	42.7	41.0	32.9	25.3
Repetibilidade (p)	49.0	53.1	37.1	29.1
Coefficiente de variação da parcela	45.5	44.5	73.4	114.8
Coefficiente de variação da subparcela	38.9	35.8	47.6	74.9

TFC: total de frutos colhidos, **ProdP:** produtividade potencial, **Fbroc:** Percentual de frutos brocados, **Fvass:** percentual de frutos com vassoura-de-bruxa.

Fonte: Dados da Pesquisa

Entre os parâmetros genéticos mais importantes para a interpretação da eficiência de seleção destacam-se o coeficiente de variação, a herdabilidade, e a repetibilidade das características (CRUZ, 2009). O coeficiente de variação é uma relação entre a média e o quadrado médio do resíduo que depende tanto das condições experimentais quanto da natureza da característica. As estimativas dos valores do coeficiente de variação experimental das características TFC (45,5%) e ProdP (44,5%) são comparáveis com as estimativas obtidas na Bahia (PIRES, 2003), em Rondônia (CARVALHO et al.; 2001; OKABE et al., 2004) e em Gana (OFORI et al., 2016), variando de 23% a 58% para TFC e de 25,3% a 78,56% para ProdP. Diferente das estimativas associadas às características Fbroc e Fvass, que indicam uma menor acurácia na avaliação dessas características.

Estimativas de h^2 podem apresentar magnitudes variáveis conforme as condições experimentais, do ambiente e da característica estudada. Valores mais elevados são encontrados para caracteres de herança simples, já características quantitativas tendem a apresentar menores magnitudes. A herdabilidade em sentido amplo mensura a proporção relativa entre os efeitos genotípicos e ambientais na expressão das características, indicando maior obtenção de ganhos com a seleção para o total de frutos colhidos e a produtividade de sementes. A característica que apresentou a maior estimativa de herdabilidade foi o TFC, seguida pela ProdP, Fbroc e Fvass.

A estimativa de herdabilidade para o caráter TFC foi de 0,43, o que significa que aproximadamente 43% da variação desse caráter é explicada pela variância de natureza genética entre as progênies. Resultados similares foram encontrados por Mustiga et al. (2018), que

observaram estimativas de herdabilidade de 0,42 para TFC na avaliação de 34 progênies de cacau na Costa Rica. Francisco Neto (2008), Ofori et al. (2016) e Wuriandani et al. (2018), obtiveram menores estimativas para este caráter. Francisco Neto (2008) ao quantificar o progresso genético com a seleção de cacauzeiros híbridos na Amazônia brasileira observou estimativa de herdabilidade de 0,20, para o caráter TFC. Ofori et al. (2016) observaram estimativa de herdabilidade de 0,14 para TFC, ao avaliar o desempenho de 116 clones de cacauzeiro introduzidos em Gana durante diferentes períodos de tempo. Wuriandani et al. (2018) relataram estimativas de coeficiente de herdabilidade para TFC, inferiores a 1%, ao analisarem a diversidade genética e a influência das estações do ano, na qualidade de amêndoas de cacau na Indonésia.

Quanto ao caráter ProdP a estimativa de herdabilidade observada foi de 0,41. Resultados aproximados foram relatados por Duval et al. (2017) e Mustiga et al. (2018). Duval et al. (2017) ao avaliarem parâmetros genéticos em 4 (quatro) progênies de cacauzeiro na Bahia encontraram o coeficiente de herdabilidade de 0,37 para esse caráter. Já Mustiga et al. (2018) relataram estimativa de 0,57. Por sua vez, Ofori *et al.* (2016) e Wuriandani et al. (2018) relataram coeficientes de herdabilidade de 0,18 e de 0,24, respectivamente.

Em relação às características Fbroc e Fvass, que quantificam a resistência em campo, as estimativas de herdabilidade foram de 0,33 e de 0,25, respectivamente. Esses parâmetros genéticos indicam que há possibilidade de seleção de progênies de maior resistência, uma vez que uma parte da variabilidade fenotípica é explicada pela variação genotípica. Esses resultados são superiores aos encontrados por Duval et al. (2017) e Mustiga et al. (2018), para resistência em campo à vassoura-de-bruxa, uma vez que relataram coeficientes de herdabilidade de 0,16 e 0,15, respectivamente.

Em plantas perenes, como o cacauzeiro, apesar da predominância do componente genético na expressão dessas características, um mesmo genótipo pode apresentar diferenças no seu desempenho de um ano para o outro devido à ação do ambiente (PETEK; SERA; FONSECA, 2009). O coeficiente de repetibilidade para as características TFC (0,49) e ProdP (0,53) pode ser considerado mediano e indica uma tendência das progênies em manter seu comportamento ao longo do tempo (Tabela 7). Resultados semelhantes foram observados por Carvalho et al. (2001), ao registrarem a amplitude entre 0,46 e 0,80 para o total de frutos colhidos.

No entanto, as estimativas de repetibilidade das características Fbroc e Fvass podem ser consideradas baixas (Tabela 7). A mudança no desempenho relativo das progênies para essas

características pode estar associada a menor infestação nos primeiros anos de plantio que impede a caracterização e a seleção precoce de progênies resistentes.

A Tabela 8 apresenta o desempenho produtivo das 22 progênies de cacauero, classificado através da metodologia de Lin Binns.

Tabela 8. Desempenho produtivo de 22 progênies de cacauero e duas testemunhas avaliadas no campo experimental da CEPLAC, localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.

Progênies	Total de frutos colhidos (TFC) planta ⁻¹					Produtividade (TFS*PSUFS) planta ⁻¹				
	2012	2013	2014	Média	Pi	2012	2013	2014	Média	Pi
AM 1066 (2)	15.5Bb	18.3Ba	29.8Aa	21.2	3	1657Bb	2132Ba	3313Aa	2368	2
AM 1067 (3)	18.5Ab	8.4Bd	14.8Ac	13.9	17	1508Ab	724Ac	1541Ac	1258	19
AM 1068 (1)	11.6Ac	8.1Ad	11.6Ad	10.4	20	1247Ac	852Ac	1227Ad	1109	21
AM 1069 (22)	7.5Ad	7.9Ad	7.3Ae	7.6	23	848Ac	918Ac	713Ae	826	23
AM 1070 (6)	18.8Ab	20.4Aa	19Ab	19.4	6	1935Aa	2092Aa	2105Ac	2044	5
AM 1071 (24)	9.1Bd	10.5Bc	23Ab	14.2	14	853Bc	986Bc	2055Ac	1298	15
AM 1072 (21)	22.4Aa	15.5Bb	13.9Bc	17.3	8	2446Aa	1643Ab	1567Ac	1885	10
AM 1073 (14)	12.1Ac	12.2Ac	12Ad	12.1	18	1294Ac	1177Ac	1376Ad	1282	18
AM 1077 (20)	18Ab	20.7Aa	20Ab	19.6	4	1655Ab	1988Aa	2012Ac	1885	6
AM 1079 (5)	9.9Bd	10.3Bc	20.5Ab	13.6	15	983Bc	1147Bc	2380Ab	1503	14
AM 1081 (10)	21.1Aa	14.8Bb	11.9Bd	15.9	16	1677Ab	1376Ac	1197Ad	1417	17
AM 1085 (7)	21.5Aa	13.2Bc	21.7Ab	18.8	5	2414Aa	1400Bc	2369Ab	2061	4
AM 1088 (9)	21.3Aa	14.7Bb	14.8Bc	16.9	7	2058Aa	1510Ab	1631Ac	1733	11
AM 1090 (11)	19.6Bb	16.5Bb	26.2Aa	20.8	1	2062Ba	1621Bb	2785Ab	2156	3
AM 1091 (12)	3.9Ae	7Ad	6.4Ae	5.8	24	495Ac	976Ac	886Ae	786	24
AM 1092 (17)	8.5Ad	7.3Ad	13.5Ac	9.8	21	1011Ac	877Ac	1670Ac	1186	20
AM 1093 (13)	8.8Bd	12Bc	22.5Ab	14.4	11	999Bc	1555Bb	2714Ab	1756	8
AM 1095 (16)	19.1Ab	9.6Bd	16.2Ac	15	12	2077Aa	989Bc	1748Ac	1605	13
AM 1097 (15)	13.9Ac	16.7Ab	14.5Ac	15	13	1721Ab	1919Aa	1877Ac	1839	7
AM 1101 (19)	18.3Ab	11.6Ac	16.2Ac	15.4	9	1933Aa	1310Ac	1722Ac	1655	12
AM 1112 (18)	18.9Ab	12.3Ac	15.4Ac	15.5	10	1887Aa	1404Ac	1839Ac	1710	9
AM 1114 (27)	12.9Ac	8Ad	8.8Ae	9.9	22	1488Ab	1024Ac	953Ae	1155	22
IMC 67 X BE 8 (T1)	13.2Ac	8.8Ad	11.7Ad	11.2	19	1575Ab	1160Ac	1341Ad	1359	16
SCA 6 X ICS 1 (T2)	16.6Bb	20.6Ba	27.5Aa	21.6	2	1807Bb	2195Ba	3343Aa	2448	1
Média	15	12.7	16.6	14.8		1567.9	1374	1848.6	1596.8	
Máximo	22.4	20.7	29.8	21.6		2446.1	2194.9	3342.9	2448.4	
Mínimo	3.9	7	6.4	5.8		494.6	724.3	712.9	785.5	

TFC: Total de frutos colhidos; **PSUFS:** peso das sementes úmidas dos frutos sadios da planta.

A metodologia não paramétrica de Lin e Binns (1988) se diferencia por sua facilidade de interpretação e por possibilitar a classificação do desempenho dos genótipos nos ambientes.

Este método baseia-se no quadrado médio da distância entre a produtividade média do genótipo e a produtividade máxima obtida no ambiente, assim os clones de maior adaptabilidade apresentam as menores estimativas de P_i .

A testemunha SCA 6 X ICS 1 (T2) apresentou bom desempenho nos ensaios tendo apresentado o segundo maior P_i para o TFC (21,6 frutos planta⁻¹) e o maior para a ProdP (2.448 g de semente úmida planta⁻¹) (Tabela 8), o que corresponde a uma produtividade média de 1.033 kg de sementes secas hectare⁻¹. Resultados semelhantes sobre o alto desempenho do híbrido SCA 6 X ICS 1 (T2) foram encontrados por Carvalho et al. (2001), Fonseca, Silva Neto e Kobayashi (2008). Carvalho *et al.* (2001) encontraram 49,40 para TFC e 1590 g para ProdP, correspondente a produtividade de 671,27 kg ha⁻¹. Fonseca, Silva Neto e Kobayashi (2008) trouxeram resultados que indicam a produtividade de 1.702 kg ha⁻¹.

Por sua vez o híbrido IMC 67 X BE 8 (T1) apresentou um desempenho produtivo inferior, superado pelas progênies em avaliação, tendo sido ordenado na 19^o para o total de frutos colhidos e na 16^o posição para a produção de sementes e registrado em média 1359 g de sementes úmidas por planta, correspondente a uma produtividade de 574 kg de sementes secas por hectare⁻¹. A baixa produtividade deste híbrido também foi registrada por Carvalho et al. (2001), ao encontraram 342 kg ha⁻¹. Diferente do presente resultado, Fonseca, Silva Neto e Kobayashi (2008) encontraram produtividade maior para o híbrido IMC 67 X BE 8 (T1), registrando cerca de 1.836 kg ha⁻¹.

Expressiva variabilidade genética foi observada no desempenho produtivo das progênies que se agruparam em 5 grupos diferentes de acordo com o teste de agrupamento de médias de Scott Knott, a 5% de probabilidade (Tabela 8). As progênies AM 1090 e AM 1066 apresentaram menores índices de P_i , tendo sido ranqueadas como mais estáveis para produtividade de sementes, e ordenadas na 1^a (20,8 frutos planta⁻¹) e na 3^a posição (21,2 frutos planta⁻¹) de maior produção de frutos e na 3^a e 2^a posição de maior produtividade, respectivamente. As progênies AM 1070, AM 1077 e AM 1085 também se destacaram pelo seu bom ordenamento, de acordo com o critério de Lin e Binns (Tabela 4), com amplitude entre 18,8 e 21,2 para TFC e de 1885 g e 2368 g ProdP. Esses resultados indicam uma amplitude de produtividade média entre 796 kg ha⁻¹ e 1.000 kg ha⁻¹ de sementes secas.

Carvalho et al. (2001) ao avaliarem híbridos de cacaueteiro de maior rendimento e qualidade de sementes nas condições edafoclimáticas do Estado de Rondônia evidenciaram amplitude de variação de 21,07 a 49,40 para TFC e de 350 g e 1590 g para ProdP. Okabe et al. (2004) apresentaram amplitude de 16,3 a 111 para TFC e de 872,2 g a 5.320,4 g para ProdP.

Almeida, Dias e Silva (2009) evidenciaram amplitudes de 70,6 a 108,1 para TFC e de 250 g a 4.510 g para a ProdP. Ofori et al. (2016) avaliaram a variação genética de 116 clones de cacau introduzidos em Gana e evidenciaram amplitude de 19 a 57 para TFC e de 183 kg ha⁻¹ a 952 kg ha⁻¹ para produtividade (sementes secas). Almeida et al. (2016) destacaram amplitude de 4,89 a 45,53, para TFC e de 493,8 g a 3.234,8 g para a ProdP.

5.2.2 Análise de componentes de resistência em campo

A Tabela 9 apresenta a ocorrência em campo de broca de cacau e da vassoura-de-bruxa em progênies de cacau avaliadas, classificadas através da metodologia de Lin Binns.

Os resultados para a resistência à coleóbroca-dos- frutos, calculados por meio da média do percentual de frutos planta⁻¹ ano⁻¹, infestados por *C. humeropictus*, apresentam diferença estatística significativa ($P < 0,05$), de acordo com o teste de Scott-Knott, destacando 4 grupos (Tabela 9).

A amplitude para esse caráter variou de 11% a 36% de frutos brocados planta⁻¹. As progênies com menos propensão à infestação foram AM 1081, AM 1088, AM 1112, AM 1077, AM 1085 e AM 1097, com média entre 11% e 15% de frutos brocados planta⁻¹ e bom ordenamento de acordo com o critério de Linn e Binns. As menores estimativas de repetibilidade para essas características indicaram a impossibilidade de se selecionar progênies de comportamento estável ao longo do tempo.

Também foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott da incidência à vassoura-de-bruxa, havendo a formação de 4 grupos distintos. As amplitudes variaram de 1,9% a 16,8% de frutos infestados planta⁻¹, sendo os melhores desempenhos apresentados pelas progênies AM 1068, AM 1091, AM 1081, AM 1095, AM 1097, AM 1066, AM 1067, AM 1069, AM 1070, AM 1073, AM 1077, AM 1079, AM 1085, AM 1088, AM 1090, AM 1092, AM 1093, AM 1101, AM 1112 e AM 1114, com amplitude de 1,9% a 9,9% de frutos infestados planta⁻¹, considerando um limite inferior a 10% de infestação, como ideal para programas de melhoramento (OKABE et al., 2004).

Os resultados de resistência em campo à *C. humeropictus* são inferiores aos encontrados por Okabe et al. (2004), entretanto superiores aos encontrados por Almeida, Dias e Silva (2009) e Almeida et al. (2016).

Tabela 9. Ocorrência em campo de broca de cacaueteiro (*Conotrachelus humeropictus*) e da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciososa*) em 22 progênies de cacaueteiro e duas testemunhas avaliadas no campo experimental da CEPLAC, localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 2012 a 2014.

Progênies	Frutos brocados % (TFB)					Frutos com vassoura-de-bruxa % (TFVB)				
	2012	2013	2014	Média	Pi	2012	2013	2014	Média	Pi
AM 1066 (2)	12Bb	16Ba	38Ab	22	21	3.7Ba	3Bc	17.1Ab	7.9	19
AM 1067 (3)	15Bb	10Bb	32Ac	19	18	1.7Ba	1.5Bc	15Ab	6.1	10
AM 1068 (1)	5Bc	4Bb	34Ac	15	8	4.2Aa	0.3Ac	1.2Ad	1.9	1
AM 1069 (22)	14Bb	4Bb	28Ad	15	12	0.9Ba	0.6Bc	17.4Ab	6.3	11
AM 1070 (6)	10Bb	12Ba	52Aa	24	20	4.1Aa	6.3Ac	12.3Ac	7.6	14
AM 1071 (24)	17Bb	10Bb	41Ab	23	23	5.8Ca	15.3Ba	29.4Aa	16.8	24
AM 1072 (21)	7Bc	14Ba	37Ab	19	14	10.2Aa	8.3Ab	14.8Ab	11.1	21
AM 1073 (14)	13Bb	5Bb	35Ac	18	17	1.5Ba	5.6Bc	14Ab	7	15
AM 1077 (20)	4Bc	9Bb	27Ad	14	4	3.4Aa	2.8Ac	8.8Ac	5	7
AM 1079 (5)	7Bc	15Ba	35Ac	19	13	1.8Ba	4Bc	16.5Ab	7.4	16
AM 1081 (10)	3Bc	6Bb	26Ad	12	1	1.7Ba	0.6Bc	8.9Ac	3.7	4
AM 1085 (7)	2Bc	9Bb	32Ac	14	5	2.3Ba	4.5Bc	13.4Ab	6.7	12
AM 1088 (9)	1Bc	5Bb	31Ac	12	2	1.5Ba	3.9Bc	11.7Ac	5.7	8
AM 1090 (11)	6Bc	15Ba	33Ac	18	11	3.9Ba	3.3Bc	17.6Ab	8.3	20
AM 1091 (12)	12Bb	6Bb	36Ac	18	16	0Aa	3.9Ac	6.1Ad	3.4	3
AM 1092 (17)	14Bb	16Ba	42Ab	24	22	3.8Ba	3.3Bc	20.9Ab	9.3	22
AM 1093 (13)	42Aa	17Ba	49Aa	36	24	1Ca	9.2Bb	19.6Ab	9.9	23
AM 1095 (16)	3Cc	15Ba	31Ac	16	9	1.9Aa	2.7Ac	8.1Ac	4.2	5
AM 1097 (15)	1Bc	11Bb	33Ac	15	6	3Aa	5.6Ac	6.5Ad	5	6
AM 1101 (19)	5Cc	22Ba	40Ab	23	15	2.2Ba	4.9Bc	11.9Ac	6.3	9
AM 1112 (18)	6Bc	4Bb	24Ad	11	3	2.5Ba	2.3Bc	18.4Ab	7.7	18
AM 1114 (27)	6Bc	7Bb	28Ad	14	7	6.6Aa	9.2Ab	11.6Ac	9.1	17
IMC 67 X BE 8 (T1)	15Ab	11Ab	20Ad	15	10	3.2Ba	2Bc	15.1Ab	6.8	13
SCA 6 X ICS 1 (T2)	12Bb	5Bb	45Aa	21	19	3.4Aa	3.6Ac	3.3Ad	3.4	2
Média	9.7	10.3	34.5	18.2		3.1	4.4	13.3	6.9	
Máximo	41.9	22.1	51.5	36		10.2	15.3	29.4	16.8	
Mínimo	1.1	3.9	19.8	11.5		0	0.3	1.2	1.9	

TFB: total de frutos brocados; **TFVB:** total de frutos com vassoura-de-bruxa

Okabe et al. (2004) evidenciaram amplitude de incidência por *C. humeropictus* de 1,18% a 14,97% dos frutos colhidos, sendo que nos 10 melhores clones variou de 1,18% a 5,18%. Almeida, Dias e Silva (2009) destacaram a amplitude de infestação de coleóbroca-dos-frutos de 2,9% a 27,6% do total de frutos colhidos planta⁻¹, sendo que nos 10 melhores desempenhos variou de 2,9% a 5,2%. Já Almeida et al. (2016) observaram amplitude de 21,57% a 48,95% de frutos brocados planta⁻¹.

Destaca-se também com esses resultados a susceptibilidade à coleóbroca-dos-frutos dos híbridos IMC 67 X BE 8 e SCA 6 X ICS 1, com média de 15% e 21% dos frutos brocados, respectivamente, embora não signifique a perda total das sementes. Esses desempenhos são superiores aos encontrados por Carvalho et al. (2001) e Almeida, Dias e Silva (2009) e relativamente próximos aos encontrados por Okabe et al. (2004). Carvalho et al. (2001) destacaram a amplitude de infestação por vassoura-de-bruxa de 45,68% a 69,71% de total de frutos colhidos planta⁻¹ ano⁻¹, incluindo os híbridos IMC 67 X BE 8 (55,63%) e SCA 6 X ICS 1 (45,68%). Almeida, Dias e Silva (2009), destacaram a amplitude de infestação por vassoura-de-bruxa de 4,1% a 40,7% do total de frutos colhidos planta⁻¹, sendo os melhores desempenhos os que apresentaram amplitude de 4,1% a 9,9%. Já Okabe et al. (2004) encontraram amplitude que variou de 3,21% a 27,06%, portanto mais próximos ao desempenho encontrado neste trabalho.

Na subseção seguinte serão apresentados o resultado da seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos de cacaeiros para identificar as 12 melhores plantas, atendendo o requisito de, no máximo, dois indivíduos de cada progênie, uma vez que se trata de plantas alógamas (YAMADA et al. 2013).

5.2.3 Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos de cacaeiro

Na sua essência, o sucesso do melhoramento genético depende da acurácia da seleção dos indivíduos portadores da maior frequência de alelos favoráveis. No melhoramento do cacaeiro, a seleção de plantas se fundamenta na interpretação das estimativas dos parâmetros genéticos que permitem inferir a qualidade experimental, a proporção da variância total devida às diferenças genéticas e a predição do ganho com a seleção de plantas (CRUZ, 2009). No presente trabalho a estimação dos parâmetros genéticos considerou medições ao longo do tempo, plantio de 1.111 plantas por ha com sombreamento definitivo de mescla de essências florestais e idade produtiva das plantas.

A seleção de plantas dentro de progênies se fundamentou nas estimativas dos valores genéticos aditivos para selecionar matrizes a serem recombinadas e nas estimativas dos valores genotípicos para seleção de plantas a serem propagadas vegetativamente. De modo que para a predição do progresso genético com a seleção foram considerados os efeitos aditivos para estimar os ganhos do cultivo seminal (Nova Média¹) e os valores genéticos aditivos e não aditivos para estimar o ganho com o cultivo clonal (Nova Média²), como se observa na Tabela 10.

Tabela 10. Estimativas dos valores genéticos da produção de sementes úmidas (gramas planta⁻¹) dos 12 melhores genótipos, considerando o limite de seleção de no máximo dois indivíduos dentro de progênes.

Ord	Ind	Prog	Parc	f	a	u+a	d	u+a+d	Nova Média ¹	Nova Média ²
1	5	AM 1066 (2)	17	5254.57	1936.77	3983.42	1043.24	5026.66	3983.42	5026.66
2	34	AM 1070 (6)	57	4841.93	1723.57	3770.21	1067.45	4837.66	3876.82	4932.16
4	459	AM 1079 (5)	109	5112.77	1528.36	3575.00	946.06	4521.06	3776.21	4795.13
5	389	AM 1066 (2)	19	4978.33	1427.24	3473.89	775.72	4249.61	3700.63	4658.75
6	473	AM 1085 (7)	129	5837.40	1330.03	3376.67	714.19	4090.86	3635.84	4545.17
13	285	AM 1085 (7)	128	3930.33	1095.88	3142.53	558.09	3700.62	3553.62	4404.41
14	108	AM 1090 (11)	147	4989.85	1060.80	3107.45	657.79	3765.24	3489.88	4313.10
16	522	AM 1095 (16)	189	4384.83	1050.74	3097.38	682.79	3780.17	3440.82	4246.49
17	325	AM 1093 (13)	178	4213.43	1047.13	3093.78	692.81	3786.59	3402.26	4195.39
21	316	AM 1092 (17)	168	3942.67	872.94	2919.59	683.34	3602.93	3353.99	4136.14
23	331	AM 1095 (16)	188	3751.67	863.18	2909.83	476.02	3385.85	3313.61	4067.93
24	442	AM 1073 (14)	89	4275.57	862.41	2909.06	666.04	3575.10	3279.90	4026.86

Ord. Ordenamento decrescente das plantas de acordo com sua produtividade de sementes úmidas, **Ind.** Numeração do indivíduo dentro de progênes, **Prog:** número da progênie, **Parc.** Número da parcela no experimento, **f:** valor fenotípico, **a:** valor aditivo, **u:** média geral, **d:** valor dos desvios devido a dominância, **Nova média¹:** média estimada com o cultivo de sementes, **Nova média²:** média estimada com o cultivo clonal.

Na Tabela 10 podem-se observar as estimativas dos valores genéticos da produção de sementes úmidas (gramas planta⁻¹) dos 12 melhores cacauzeiros, resultando na seleção de 9 (nove) das 22 (vinte e duas) progênes avaliadas, especificamente AM 1066, AM 1070, AM 1079, AM 1085, AM 1090, AM 1095, AM 1093, AM 1092 e AM 1073. A seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos de cacauzeiro avaliadas permitiu um ganho de seleção de 105,40% para parâmetros genéticos de propagação seminal (nova média¹), uma vez que apresenta a média de 3.279,90 g de sementes úmidas por planta⁻¹. Em termos comerciais, esses valores correspondem a produtividade de cerca de 1.427 kg/ha/ano de sementes secas.

Para a propagação vegetativa (clone) a nova média (nova média²) permitiu um ganho de seleção de 152,18% em comparação com a média geral das progênes avaliadas, com a média de 4.026,86 g de sementes úmidas por planta⁻¹, o que representa comercialmente a produtividade de cerca de 1.700 kg/ha/ano de sementes secas.

Essas médias de produtividade são superiores às médias de produtividade do Brasil e de Rondônia, respetivamente 300 kg/ha/ano e 546 kg/ha/ano. São ainda superiores a encontradas por Pires (2003), Okabe et al. (2004), Almeida, Dias e Silva (2009), Guimarães (2016) e Almeida et al. (2016).

Portanto, o resultado apresentado na Tabela 10 mostra a seleção de 12 indivíduos de desempenho superior, com finalidade de aumentar o ganho genético, respeitando o limite de seleção de, no máximo duas plantas da mesma progênie, para serem avaliadas em testes clonais cultivados em diferentes ambientes. A clonagem de plantas, permite a exploração do valor genotípico completo do indivíduo. A avaliação em diferentes ambientes é fundamental após a seleção em condições experimentais, necessária para quantificar a mudança no desempenho das plantas cultivadas em diferentes locais, estudada na ótica da interação genótipo x ambientes.

Assim, na seção seguinte apresentam-se os resultados da projeção econômico-financeira e ambiental, tendo como parâmetro as estimativas de média de produção das 12 melhores plantas, sendo propagadas vegetativamente (clone), com produtividade média estimada de 1.700 kg/ha/ano de sementes secas.

5.3 Projeção econômico-financeira e ambiental para cacauicultura em SAF com alto desempenho agrônômico

5.3.1 Investimento e custo de manutenção

O investimento e o custo de produção e manutenção de 1 ha de cacauieiro em SAF foram estimados baseados no manual de implantação de cacauicultura em SAF (CEPLAC, 2015) com adaptações, de acordo com Paraense, Mendes e Freitas (2013), Zugaib et al. (2017) e Santos 2019 (TABELA 11).

A Tabela 11 apresenta o investimento inicial projetado para o ano 1, bem como o custo com manutenção e produção durante os primeiros seis anos, considerado o período de produtividade máxima, em 1 ha de cacauieiro em SAF. Considerando o espaçamento de 3,0 x 3,0 m, por cacauieiro, projetou-se o plantio de 1.111 plantas, com replantio de 10%, considerando a mortalidade prevista. Assim, foram estimadas 1.222 mudas de cacauieiro, 1.200 mudas de banana prata para sombreamento provisório e 66 mudas de essências florestais para sombreamento definitivo.

Foi considerado o ciclo de 20 anos da lavoura cacauieira, sendo que os 6 (seis) primeiros anos foram considerados de implantação: Ano 1 - Fase de Formação da Lavoura e os cinco anos subsequentes intitulados de Anos 2 a 6 - Fase de atingimento da Produção Máxima (ZUGAIB et al., 2017).

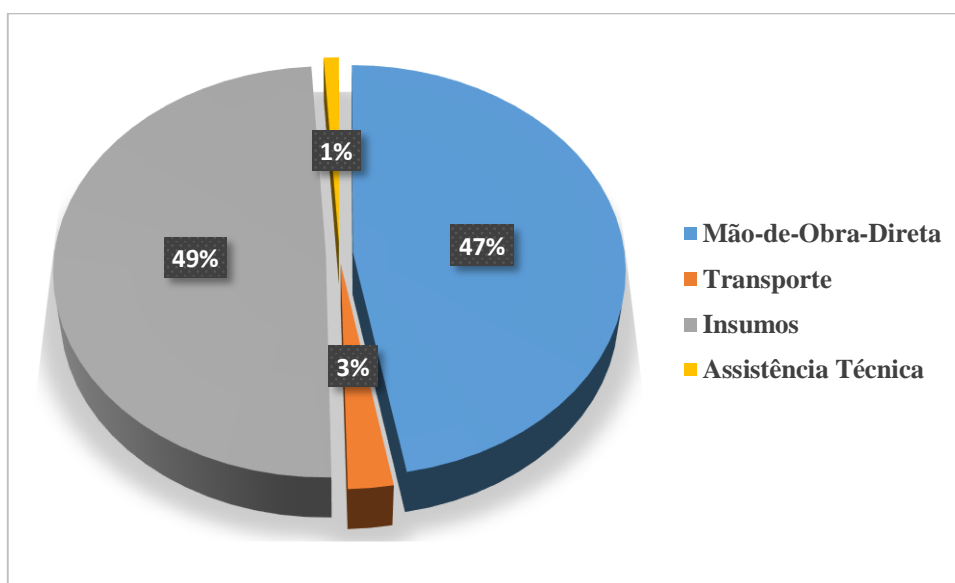
Tabela 11. Coeficientes técnicos referentes a implantação e manutenção de 1 ha cacauero em SAF nos primeiros seis anos

Discriminação	Ano 1				Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Total Geral
	Qt	Un	Pr (R\$)	Total	Qt	Total	Qt	Total	Qt.	Total	Qt.	Total	Qt	Total	
1. Mão-de-Obra-Direta				5.460,00		3.500,00		4.130,00		4.270,00		4.900,00		4.830,00	27.090,00
Limpeza e preparo da área	15	d/h	70,00	1.050,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	1.050,00
Calagem de toda a área	1,5	d/h	70,00	105,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	105,00
Preparo e baliz. dos cacau.	10	d/h	70,00	700,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	700,00
Cov. pla. de bana. e essên.	14	d/h	70,00	980,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	980,00
Cov. adub. plant. de cac.	14	d/h	70,00	980,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	980,00
Roçagem	20	d/h	70,00	1.400,00	24	1.680,00	24	1.680,00	21	1.470,00	21	1.470,00	10	700,00	8.400,00
Replântio	1,5	d/h	70,00	105,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	105,00
Controle de pragas	2	d/h	70,00	140,00	2	140,00	2	140,00	2	140,00	2	140,00	2	140,00	840,00
Desbrota do cacau		d/h	70,00	0,00	3	210,00	3	210,00	3	210,00	3	210,00	3	210,00	1.050,00
Manejo do sombreamento		d/h	70,00	0,00	14	980,00	14	980,00	4	280,00		0,00		0,00	2.240,00
Poda de formação		d/h	70,00	0,00	5	350,00		0,00		0,00		0,00		0,00	350,00
Adubação		d/h	70,00	0,00	2	140,00	2	140,00	4	280,00	4	280,00	4	280,00	1.120,00
Poda de manutenção		d/h	70,00	0,00		0,00	8	560,00		0,00		0,00		0,00	560,00
Poda fitossanitária		d/h	70,00	0,00		0,00		0,00	15	1.050,00	20	1.400,00	25	1.750,00	4.200,00
Colheita/beneficiamento		d/h	70,00	0,00		0,00	6	420,00	12	840,00	20	1.400,00	25	1.750,00	4.410,00
2. Insumos				5.753,55		867,30		1.140,60		1.087,80		1.172,10		1.173,30	11.194,65
Mudas de cacau	1.222	un.	3,00	3.666,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	3.666,00
Mudas de bananeira	1.200	un.	1,00	1.200,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	1.200,00
Mudas de essênc. florestais	66	un.	5,00	330,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	330,00
Inseticida líquido	1	litro	88,00	88,00	1	88,00	1	88,00	1	88,00	1	88,00	1	88,00	528,00
Calcário	1,5	ton.	20,30	30,45		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	30,45
Adubo (NPK)	116	kg	3,00	348,00	250	750,00	300	900,00	300	900,00	300	900,00	300	900,00	4.698,00
Espalhante adesivo	1	litro	29,30	29,30	1	29,30	1	29,30	1	29,30	1	29,30	1	29,30	175,80
Facão	2	un.	30,90	61,80		0,00	2	61,80		0,00	2	61,80		0,00	185,40
Podão		un.	15,00	0,00		0,00	2	30,00	2	30,00	2	30,00	2	30,00	120,00
Sacaria		uni.	4,50	0,00		0,00	7	31,50	9	40,50	14	63,00	28	126,00	261,00
3. Transp. (5% do Item 2)				287,68		43,37		57,03		54,39		58,61		58,67	559,73
4. Assist. Téc. (1% 1-3)				115,01		44,11		53,28		54,12		61,31		60,62	388,44
Total Geral				11.616,24		4.454,78		5.380,91		5.466,31		6.192,01		6.122,58	39.232,83

Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se observar que no primeiro ano, o custo para implantação e manutenção foi de R\$ 11.616,24, sendo que o custo mais representativo é com insumos, constituído pelos clones de cacau, mudas de banana prata (*Musa spp*), mudas de essências florestais, defensivos e adubos agrícolas não sintéticos, corretivos de solo e ferramenta de trabalho manual, como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15. Participação dos custos de implantação e manutenção durante o ano 1



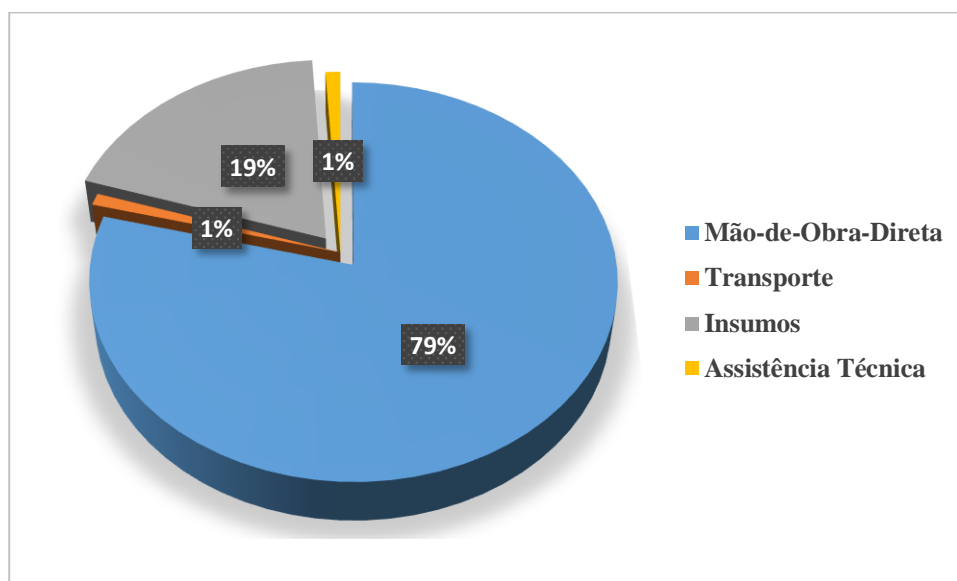
Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se na Figura 15 que no ano de implantação, os insumos representam 49% do dispêndio total do capital, enquanto a mão-de-obra-direta representa 47% e transporte e assistência técnica, representam 3% e 1%, respectivamente. Paraense, Mendes e Freitas (2013) e Zugaib et al. (2017), encontraram representatividade dos insumos aproximados, no primeiro ano.

Entretanto, importa informar que a partir do segundo ano após a implantação, a mão-de-obra representou a maior parte dos custos, uma vez que no primeiro ano foram considerados como insumos os custos com a aquisição de mudas, representando cerca de 90% do total de custo com insumos.

A Figura 16 apresenta a média da participação dos custos de manutenção e produção das lavouras entre os anos 2 e 20.

Figura 16. Participação do custeio de manutenção e produção entre os anos 2 e 20



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar, na Figura 16 que durante a fase de produção máximo (ano 6) até o final do ciclo da cacauicultura (ano 20) a média da mão-de-obra-direta corresponde a maior parte dos custos, com cerca de 79% de representatividade, enquanto os insumos, transporte e assistência técnica representam, respectivamente 19%, 1% e 1% do custo total durante 1 ano. Resultados aproximados foram encontrados por Pires et al. (2015) e Lucena, Paraense e Mancebo (2016), entretanto, maiores do que as representatividades encontradas por Zugaib et al. (2017).

Pires et al. (2015) analisaram a viabilidade financeira de sistema de produção de cacau no Sul do Estado da Bahia. Os resultados indicaram que o custo com a mão-de-obra representa 80,90% do total dos custos. Lucena, Paraense e Mancebo (2016) avaliaram a viabilidade econômica de um consórcio agroflorestal de cacau, essências florestais e fruteiras estabelecido na Agrovila Princesa do Xingu, município de Altamira-PA e encontraram 76% para custo com a mão-de-obra. Já Zugaib et al. (2017), ao fazerem a valoração econômica e ambiental do Sistema Cacau Cabucra no município de Barro Preto-BA encontraram 56% como a representatividade do custo de mão-de-obra em relação ao custo total.

De acordo com Marlats et al. (1995) os gastos com a força de trabalho empregada nos Sistemas Agroflorestais são relativamente mais elevados do que na monocultura, uma vez que diversificação de espécies e a complexidade desses sistemas demandam maior quantidade de trabalhadores no manejo agrícola. Entretanto, em condições reais da agricultura familiar, a

maior parte do custo com a mão-de-obra tem participação direta do próprio agricultor e da sua família. Portanto, esse dispêndio de capital poderá ser menor por conta de força de trabalho do próprio trabalhador e dos seus familiares. Mas, como se trata de uma projeção econômica, e não se tem os dados reais do que representa a força de trabalho própria, considerou-se o custo total da mão-de-obra estimado, como se fosse a força de trabalho realmente contratada.

Considerando que no primeiro ano do empreendimento, cada hectare gasta em torno de R\$ 11.616,24, para implantação e manutenção, bem como no segundo ano gasta em torno de R\$ 4.454,78, para manutenção, e as primeiras receitas com a produção de banana só inicia no segundo ano, estimou-se um empréstimo para a implantação e manutenção do primeiro ano e parte do segundo. O empréstimo foi estimado no valor de R\$ 15.000,00, com taxa de juros de 3,00% a.a, a ser liquidado em 8 anos, com carência de capital de 3 anos, de acordo com as condições estabelecidas pelo PRONAF – Floresta do Banco da Amazônia. Nessa conjuntura foi calculado o custo com capital de terceiros, de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12. Projeção do Plano de amortização do empréstimo.

Período	Saldo Inicial	Juros	Amortização	Prestação	Saldo Final
Ano 1	15.000,00	800,31	0,00	800,31	15.000,00
Ano 2	15.000,00	800,31	0,00	800,31	15.000,00
Ano 3	15.000,00	800,31	0,00	800,31	15.000,00
Ano 4	15.000,00	800,31	3.000,00	3.800,31	12.000,00
Ano 5	12.000,00	640,25	3.000,00	3.640,25	9.000,00
Ano 6	9.000,00	480,19	3.000,00	3.480,19	6.000,00
Ano 7	6.000,00	320,12	3.000,00	3.320,12	3.000,00
Ano 8	3.000,00	160,06	3.000,00	3.160,06	0,00
Total Geral		4.801,86	15.000,00	19.801,86	

Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se observar que nos primeiros três anos, período de carência de capital, o agricultor terá que custear apenas os juros passivos incorridos na operação de crédito, no valor de R\$ 800,31, pagos semestralmente. A partir do quarto ano, se inicia o pagamento do capital, ou seja, a amortização propriamente dita do empréstimo contraído. O valor amortizado anualmente é de R\$ 3.000,00, também pago em duas prestações anuais, sendo que as parcelas de juros pagas se tornam decrescentes por conta das amortizações feitas ao valor principal. Nessa conjuntura o juro com o capital de terceiros para a implantação de 1 ha de cacauzeiros em SAF foi de R\$ 4.802,86, representando 32,01% como taxa de juros real durante a vigência da operação de crédito (8 anos).

5.3.2 Previsão das receitas e dos benefícios socioeconômicos e ambientais do SAF

A presente projeção econômica financeira e ambiental de cacauicultura em SAF tem 4 (quatro) fontes de receitas, especificamente receitas com venda de sementes de cacau secas, banana prata, crédito de carbono e madeira. No ano 1, o SAF contará apenas com a receita de negociação do crédito de carbono, uma vez que os valores são calculados em média de estoque de carbono anual, durante 20 anos. No ano 2, além da negociação do crédito de carbono, o SAF contará com a receita com a venda de banana prata. A partir do ano 3 se inicia a receita com a venda de cacau e se estende até o ano 20. No ano 20, prevê-se a receita com a venda de madeira das árvores utilizadas como sombreamento definitivo. Assim, as previsões de receitas serão apresentadas de forma cronológica, iniciando-se com o crédito de carbono.

a) Receita com crédito de carbono

No primeiro ano, considerado o ano de implantação, o empreendimento contará apenas com uma fonte de receita, especificamente a receita com venda de crédito de carbono. Para estimar o crédito de carbono gerado na cacauicultura em SAF, baseou-se no estudo de Mascarenhas et al. (2017), o qual se detalha na Tabela 13.

Tabela 13. Projeção de estoque de carbono total em SAF de cacauicultura e mesclas de essências florestais, durante 20 anos no município de Ouro Preto do Oeste-RO

Designação	Quant.	Unid.	Representação (%)
Carbono no Solo	73,76	Mg ha ⁻¹	26
Carbono na biomassa aérea	209,93	Mg ha ⁻¹	74
Total de Estoque de Carbono	283,69	Mg ha⁻¹	100

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Cairns et al. (1997) e Mascarenhas et al. (2017)

Como pode ser observado na Tabela 13, estudos de Cairns et al. (1997) e de Mascarenhas et al. (2017), foram utilizados para se chegar ao coeficiente de total de carbono estocado em uma plantação de cacau em SAF, nas condições de campo da Estação Experimental de Ouro Preto do Oeste, durante 20 anos. Assim, estima-se que a cacauicultura em SAF estoca, anualmente, cerca de 14,18 Mg C ha ano⁻¹.

Essas estimativas são aproximadas daquelas encontradas por Cotta et al. (2006) e Barreto et al. (2011), inferiores às encontradas por Rajab et al. (2016) e Monroe et al. (2016) e maiores do que às encontrados por Silatsa et al. (2017) e Asigbaase et al. (2021).

A partir da estimativa de estoque de carbono total por ano, converteu-se em carbono equivalente (CO₂eq), uma vez que as negociações do mercado voluntário de carbono, são feitas em função do CO₂ equivalente (CO₂eq), o que equivale a 1 crédito de carbono. Assim, na Tabela 14 apresentam-se os detalhes da conversão do estoque de carbono em carbono equivalente (crédito de carbono).

Tabela 14. Conversão do estoque de carbono em carbono equivalente

Designação	Quant.	Unid.	Fator de conversão	Unid.	Total de Crédito Carbono ano
Total de Estoque de C	14,18	Mg ha ano ⁻¹	3,67	Mg C eq ha ano	52,04

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Torres et al. (2011) e Asigbaase et al. (2021)

Como pode ser observado na Tabela 14, o empreendimento poderá gerar 52,04 créditos de carbono. De acordo com Asigbaase et al. (2021) cada crédito de carbono é negociado no mercado voluntário de carbono por US\$ 5,00, equivalentes a R\$ 28,70.

b) Receita com venda de banana prata

A receita com venda de banana prata se iniciará no ano 2 e ocorrerá até ao ano 6, quando ocorrerá a eliminação das bananeiras, uma vez que as mesclas de essências florestais já darão sombreamento definitivo adequado aos cacaueiros. A produtividade esperada da banana é de 13.000 kg ha ano⁻¹, vendidas ao preço médio de R\$ 1,00 por kg.

c) Receita com venda de cacau

Considerando que a partir do ano 3 já se obtém pequenas produções de cacau com significância comercial, estimou-se 1/4 da produtividade total esperada para o ano 3 (três), 1/3 para o ano 4 (quatro), 1/2 para o ano 5 (cinco) e a partir do ano 6 (seis), a produtividade máxima esperada. Assim, considerando que a produtividade média estimada para as 12 plantas selecionadas para avaliação clonal no programa de melhoramento genético é de 1.700 kg ha ano⁻¹, estimou-se a produtividade de 425 kg/ha, 566,67 kg/ha, 850 kg/ha e 1.700 kg/ha, respectivamente para os anos 3, 4, 5 e 6 aos 20, ao preço médio de R\$ 13,14 por kg.

Tabela 15. Projeção de benefícios socioeconômicos e ambientais da cacauicultura em SAF consorciada com essências florestais, com ciclo de 20 anos

Período	Benefícios Socioeconômico SAF de cacau, banana (provisória) e árvores perenes (essências florestais)						Benefícios Ambientais (Serviços ambientais)		Benefícios Socioeconômicos e Ambientais			
	Cacau		Banana		Madeira		Custo e Desp. Operacional	Lucro Operacional		Crédito Carbono		
	Quant. (kg)	Total (R\$)	Quant. (kg)	Total (R\$)	Quant. (m³)	Total (R\$)				Total	Quant. (MgCeq)	Total (R\$)
Ano 1	-	0,00	-				3.300,55	-3.300,55	52,04	1.493,55	-1.807,00	
Ano 2	-	0,00	13.000,00	13.000,00			5.255,08	7.744,92	52,04	1.493,55	9.238,47	
Ano 3	425,00	5.584,50	13.000,00	13.000,00			6.181,22	12.403,28	52,04	1.493,55	13.896,83	
Ano 4	566,67	7.446,00	13.000,00	13.000,00			6.266,62	14.179,38	52,04	1.493,55	15.672,93	
Ano 5	850,00	11.169,00	13.000,00	13.000,00			6.832,26	17.336,74	52,04	1.493,55	18.830,29	
Ano 6	1.700,00	22.338,00					6.602,77	15.735,23	52,04	1.493,55	17.228,78	
Ano 7	1.700,00	22.338,00					6.442,71	15.895,29	52,04	1.493,55	17.388,84	
Ano 8	1.700,00	22.338,00					6.282,65	16.055,35	52,04	1.493,55	17.548,90	
Ano 9	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 10	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 11	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 12	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 13	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 14	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 15	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 16	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 17	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 18	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 19	1.700,00	22.338,00					6.122,58	16.215,42	52,04	1.493,55	17.708,96	
Ano 20	1.700,00	22.338,00			66,00	5.722,20	28.060,20	6.122,58	21.937,62	52,04	1.493,55	23.431,16
Total	27.341,67	359.269,50	52.000,00	52.000,00	66,00	5.722,20	416.991,70	120.634,87	296.356,83	1.040,80	29.870,96	326.227,79

Fonte: Elaborada pelo autor

d) Receita com venda de madeira

A projeção da receita com a venda de madeira (toras da mescla de essências florestais) foi calculada baseada no rendimento em m³ de tora por árvore de essências florestais em SAF após 20 anos, vendidas no local (em pé), para madeireiras, com as devidas certificações, sendo que cada árvore renderá 1,5 m³. Nesse sentido, como em cada hectare foram projetadas 44 plantas de mescla de essências florestais, prevê-se um rendimento de 66 m³ de madeira por hectare ao final do período.

Como pode ser observado na Tabela 15, o valor dos custos e despesas operacionais para o ano 1, só foram considerados os valores gastos com mão-de-obra, insumos e assistência técnica para a manutenção da lavoura, além dos juros pagos pela contração do empréstimo, totalizando apenas R\$ 3.300,55, como pode ser observado na Tabela. Os demais valores, referentes à aquisição das mudas (cacaueiro, bananeiras e mesclas essências florestais) e mão-de-obra com a implantação, só serão computados para o efeito do demonstrativo de fluxo de caixa.

É nesse sentido que no ano 1 o SAF contará com prejuízo operacional de R\$ 3.300,55, uma vez que não há previsão de receita operacional para esse período. Entretanto, com a negociação de 52,04 Mg CO₂eq, prevê-se uma receita de R\$ 1.493,55, amenizando o prejuízo operacional. Assim, considera-se que apesar de prejuízo operacional o SAF gerou benefícios ambientais, com serviços ambientais de captura de carbono.

No ano 2, prevê-se faturamento com a banana prata, com uma produção estimada de 13.000 kg ha⁻¹, gerando faturamento bruto de R\$ 13.000,00, e um lucro operacional de R\$ 7.744,92, uma vez que os custos e despesas operacionais estimados foram de R\$ 5.255,08. Assim, somando o lucro operacional à receita com negociação de crédito de carbono como *proxy* de serviços ambientais, obtém-se um benefício socioeconômico e ambiental de R\$ 9.238,47 por hectare.

No ano 3, o início da produção de amêndoas de cacau com expressão comercial significativa, apesar de se prever apenas 1/4 da produção, espera-se uma receita com cacau na ordem de R\$ 5.584,50, com a venda de 425 kg de sementes secas por ha⁻¹, elevando mais ainda o benefício socioeconômico e ambiental do SAF, somando a receita com banana e crédito de carbono.

No ano 4, com a previsão de produção de 1/3 da produtividade média dos clones, prevê-se receita de R\$ 7.446,00, com venda de 566,67 kg e o benefício socioeconômico e ambiental no valor de R\$ 15.672,93, um aumento de cerca de 13% em relação ao período anterior.

No ano 5, a produtividade estimada foi de 850,00 kg, ou seja, metade da produtividade média esperada das 12 plantas de cacau selecionadas para a propagação vegetativa (clonal), objeto do presente trabalho. Assim, estima-se uma receita com a venda de cacau no montante de R\$ 11.169,00, resultando em benefícios socioeconômicos e ambientais de R\$ 18.830,29.

A partir do ano 6, as receitas líquidas com a venda de sementes de cacau aumentaram significativamente, uma vez que se projetou a produtividade média esperada de 1.700 kg de sementes secas por ano⁻¹. Entretanto os benefícios socioeconômicos e ambientais sofreram uma ligeira queda, uma vez que nesse mesmo período as bananeiras serão eliminadas. Ao fim do ano 20 a comercialização da madeira das essências florestais demonstra forte participação nos benefícios totais, com um incremento de R\$ 5.722,20 (TABELA 15).

Esses resultados indicam que cacau em SAF pode ser uma das principais fontes de renda para as populações locais, além de ter potencial para resgatar cerca de 283,69 MgCha⁻¹, durante 20 anos, contribuindo assim para fornecer serviços significativos de mitigação das mudanças climáticas.

Na subseção seguinte serão apresentados os resultados da análise de viabilidade econômica para o SAF objeto do presente trabalho, bem como a análise de sensibilidade do mesmo.

5.3.3 Análise de viabilidade econômica

Antes de se proceder a análise dos indicadores de viabilidade econômica, faz-se necessário apresentar o demonstrativo de fluxo de caixa durante o período projetado, que consiste nas sequências das entradas e saídas de caixa ao longo da vida útil de um projeto de investimento (Tabela 16).

O demonstrativo do fluxo de caixa projetado revela que as saídas de caixa foram mais expressivas no ano 1, uma vez que se trata do ano de implantação, da qual se justifica pelo investimento de R\$ 9.116,00. Essa saída de caixa só se tornou possível com a projeção do empréstimo no valor de R\$ 15.000,00, uma vez que nesse período apenas se projetou receita com a negociação do crédito de carbono, resultando em saldo final de caixa de R\$ 4.077,00, o qual foi transitado para o início do ano 2.

A partir do ano 2 as saídas de caixa foram menos expressivas, uma vez que contemplam apenas os gastos com Mão-de-Obra Direta (MOD), insumos, transporte, assistência técnica, em contrapartida com entrada de caixa com venda de banana-prata.

Tabela 16. Demonstrativo de fluxo de caixa do SAF durante 20 anos

PERÍODO	SALDO INICIAL	ENTRADAS (+)	Venda de Cacau	Venda de Banana	Venda de Madeira	Venda de Crédito carbono	SAÍDA (-)	Invest.	MOD	Insum.	Transp.	Ass. Téc.	Pag. de Emprést.	SALDO DE CAIXA
Ano 1	15.000,00	1.493,55				1.493,55	12.416,55	9.116,00	1.540,00	557,55	287,68	115,01	800,31	4.077,00
Ano 2	4.077,00	14.493,55		13.000,00		1.493,55	5.255,08		3.500,00	867,30	43,37	44,11	800,31	13.315,46
Ano 3	13.315,46	20.078,05	5.584,50	13.000,00		1.493,55	6.181,22		4.130,00	1.140,60	57,03	53,28	800,31	27.212,30
Ano 4	27.212,30	21.939,55	7.446,00	13.000,00		1.493,55	9.266,62		4.270,00	1.087,80	54,39	54,12	3.800,31	39.885,22
Ano 5	39.885,22	25.662,55	11.169,00	13.000,00		1.493,55	9.832,26		4.900,00	1.172,10	58,61	61,31	3.640,25	55.715,51
Ano 6	55.715,51	23.831,55	22.338,00			1.493,55	9.602,77		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.480,19	69.944,29
Ano 7	69.944,29	23.831,55	22.338,00			1.493,55	9.442,71		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.320,12	84.333,13
Ano 8	84.333,13	23.831,55	22.338,00			1.493,55	9.282,65		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.160,06	98.882,03
Ano 9	98.882,03	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		116.590,99
Ano 10	116.590,99	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		134.299,95
Ano 11	134.299,95	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		152.008,92
Ano 12	152.008,92	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		169.717,88
Ano 13	169.717,88	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		187.426,84
Ano 14	187.426,84	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		205.135,81
Ano 15	205.135,81	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		222.844,77
Ano 16	222.844,77	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		240.553,73
Ano 17	240.553,73	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		258.262,70
Ano 18	258.262,70	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		275.971,66
Ano 19	275.971,66	23.831,55	22.338,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		293.680,62
Ano 20	293.680,62	29.553,75	22.338,00		5.722,20	1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		317.111,79
Total Geral		446.862,66	359.269,50	52.000,00	5.722,20	29.870,96	144.750,87	9.116,00	90.790,00	22.424,85	1.381,04	1.237,12	19.801,86	

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir do ano 6 a receita com venda das sementes de cacau se estabilizou, mantendo o saldo de caixa em alta durante o período analisado, com destaque para o incremento de caixa com a venda da madeira das essências florestais. Esses resultados indicam que o SAF em estudo tem potencial para gerar rentabilidade aos pequenos agricultores locais. Os valores dos indicadores de rentabilidade utilizados no modelo avaliado podem ser observados na Tabela 17.

Tabela 17. Projeção dos Indicadores de viabilidade econômica do SAF

Indicadores	Valor observado	Unid.	Valor de Referência
VPL	829.355,99	R\$	> 0
VAE	14.480,24	R\$	> 0
TIR	102	%	>10

VPL: Valor Presente Líquido, **VAE:** Valor Anual Equivalente, **TIR:** Taxa Interna de Retorno

Fonte: Elaborada pelo autor

Como pode-se observar na Tabela 17, todos os indicadores de viabilidade econômica avaliados apresentaram valores acima dos valores de referência, indicando a viabilidade econômica do SAF objeto da presente projeção. Observa-se que o VPL resultou em R\$ 829.355,99, em 20 anos, para cada hectare do SAF. Esse resultado indica que a diferença entre soma das receitas atualizadas e o total dos custos atualizados foi positiva. Valores são ligeiramente superiores aos encontrados por Lucena, Paraense e Macebo (2016), que estimaram R\$ 688.087,23, ao avaliarem a viabilidade econômica de um consórcio agroflorestal estabelecido na Agrovila Princesa do Xingu, Altamira-PA, contendo cacau. Entretanto, muito superior ao encontrado por Sanguino et al. (2007), ao avaliarem a viabilidade econômica da implantação de dois SAFs no município de Tailândia-PA, e Zugaib et al. (2017), ao valorarem o sistema de cacau cabruca na Bahia, que encontraram R\$ 69.650,27 e R\$ 26.112,25, respectivamente.

Essas diferenças podem ter duas explicações, a produtividade do cacau e o preço pago aos produtores. A produtividade média das plantas selecionadas neste trabalho é maior que a do Sanguino et al. (2007), Lucena, Paraense e Macebo (2016) e Zugaib et al. (2017). Não obstante, a desvalorização do real perante o dólar inflaciona o preço pago aos produtores de cacau.

Quanto ao VAE, o mesmo apresenta também valores que indicam viabilidade, uma vez que apresenta um lucro médio anual R\$ 14.480,24, após descontar a taxa mínima de atratividade

(10%). Esse resultado é superior ao de Bentes-Gama et al. (2005), que encontraram R\$ 4.585,22 e inferior ao de Brito et al., (2017) que encontraram R\$ 34.741,21.

Quanto à TIR, a mesma apresentou valor de 102%, bem maior que a Taxa Mínima de Atratividade de 10%, o que indica que o SAF teve aumento em torno de 102%, durante 20 anos. Estes resultados foram superiores aos encontrados por Zugaib et al. (2017) e Paraense et al. (2013) com TIR de 55% e 51%, respectivamente. Entretanto valores maiores foram encontrados por Lucena, Paraense e Macebo (2016), com 255%.

Após a análise dos indicadores de viabilidade, procedeu-se à análise de sensibilidade dos mesmos com a finalidade de observar o comportamento da viabilidade do SAF, considerando mudanças de 50% negativos ou positivas no preço de cacau no mercado internacional, como pode ser observado na Tabela 18.

Tabela 18. Análise de sensibilidade dos indicadores de viabilidade do SAF

Indicadores	Cenário Pessimista	Cenário Intermediário	Cenário Otimista
VPL	R\$ 427.057,92	R\$ 829.355,99	R\$ 1.198.804,71
VAE	R\$ 7.456,27	R\$ 14.480,24	R\$ 20.930,68
TIR	94%	102%	109%

VPL: Valor Presente Líquido, **VAE:** Valor Anual Equivalente, **TIR:** Taxa Interna de Retorno
Fonte: Elaborada pelo autor

A análise de sensibilidade (TABELA 18), tendo como parâmetro a variação do preço do mercado de cacau, indica que em todos os cenários a cacauicultura em SAF com 12 plantas selecionadas através de técnicas de melhoramento genético, apresentou viabilidade econômica, mesmo em cenário em que se projetou uma baixa de preço de cacau de 50%. Esses resultados indicam que as 12 plantas de cacau selecionadas no melhoramento genético, com produtividade média de 1.700 kg ha ano⁻¹, têm potencial para distribuição de renda para os pequenos agricultores locais, além de contribuir para a mitigação de efeito estufa.

Entretanto, importa frisar que, além da baixa do preço de cacau no mercado internacional, que pode, facilmente, chegar a 50% (ZUGAIB; BARRETO, 2015), a desvalorização do real (R\$) face ao dólar, poderá gerar uma falsa sensação de estabilidade ou aumento do preço do cacau, uma vez que o preço pago aos produtores de cacau, pelos cerealistas é em reais (R\$). Portanto, é de suma importância a realização de análises de sensibilidade em projetos de viabilidade de commodities como cacau.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo geral, identificar a importância socioeconômica e ambiental do melhoramento genético do cacau cultivado em Sistema Agroflorestal (SAF) no Estado de Rondônia. Tendo como suporte a teoria dos *stakeholders* (FREEMAN, 1984), a teoria dos polos de crescimento (PERROUX, 1955) e técnicas de melhoramento genético vegetal, hipotetizou-se que o melhoramento genético do cacau pode ser um subsídio de grande importância socioeconômica e ambiental para o Estado de Rondônia, uma vez que poderá originar novas variedades comerciais com elevado desempenho agrônomico capazes de gerar maior renda aos produtores de cacau em Rondônia, além de serviços ambientais, como o sequestro de carbono na atmosfera.

A operacionalização do estudo compreendeu três etapas. Primeiramente analisou-se a importância histórica socioeconômica e ambiental da cacauicultura para o estado de Rondônia. Como resultado o estudo trouxe evidências históricas que a cacauicultura, apesar de ser uma cultura que já distribuiu renda para mais de 10 mil famílias de pequenos agricultores em Rondônia, o modelo de expansão dos polos cacauzeiros no estado se baseou na expansão econômica capitalista, do qual visou o aumento de insumos para as indústrias chocolateiras, fora do contexto do desenvolvimento da própria região produtora, deixando a comunidade local produtora, mais vulnerável com esse modelo.

Esse cenário foi mudando com a insistência do Governo do Estado e a CEPLAC na implementação de políticas voltadas à revitalização das áreas degradadas no estado e introdução de cultivares melhoradas geneticamente com intuito de ganho de produtividade e resistência em campo. Entretanto, percebe-se resistência por parte dos pequenos agricultores, no que toca à volatilidade dos preços e a susceptibilidade de pragas e doenças. Mas, recentemente tem-se introduzido o cacau na agenda do desenvolvimento sustentável do Estado, com políticas voltadas para a mitigação dos GEE na atmosfera, em que os produtores podem receber pelos serviços ambientais.

A segunda etapa da tese compreendeu a análise do desempenho produtivo de famílias de meios-irmãos de cacau (*Theobroma cacao* L.) silvestres coletados na Amazônia brasileira, com intuito de selecionar plantas entre e dentro de famílias de meios-irmãos, subsidiando assim ao desenvolvimento de novas cultivares com alto desempenho agrônomico. O resultado do estudo trouxe evidências que as progênies de meios-irmãos apresentam elevada variabilidade genética associada a uma acurácia de seleção que subsidia a obtenção de ganhos com a seleção de plantas. As progênies AM 1090, AM 1066, AM 1070, AM 1077 e AM 1085 se destacaram quanto à produtividade, enquanto as progênies AM 1077, AM 1081, AM 1085,

AM 1088 e AM 1112 apresentaram maior resistência à infestação de *C. humeropictus*. Já as progênies AM 1068, AM 1081, AM 1091, AM 1095 e AM 1097, apresentaram melhor desempenho quanto à infecção por *M. perniciosus*.

Os resultados do estudo permitiram ainda selecionar 12 plantas com melhores média de produtividade para a reprodução vegetativa, sendo 2 plantas da progênie AM 1066, 1 planta da AM 1070, 1 da progênie AM 1079, 2 da progênie AM 1085, 1 da progênie AM 1090, 2 da progênie AM 1095, 1 da progênie AM 1093, 1 da progênie AM 1092 e 1 da progênie AM 1073, com produtividade média de 1.700 kg/ha/ano⁻¹, cerca de 211% maior que a produtividade média do estado. Portanto essas plantas têm valor genético capazes de contribuir significativamente na distribuição de renda dos pequenos produtores de cacau em Rondônia.

Esses impactos positivos aos pequenos agricultores, foram comprovados por meio de projeção econômica financeira e ambiental utilizando como coeficiente técnico de produtividade, a produtividade média das 12 progênies selecionadas, plantadas em SAF, em consórcio com essências florestais. Considerando um ciclo de 20 anos, a projeção econômica e financeira indicou viabilidade econômica com valores acima dos valores de referência, mesmo corrigidos com taxa de 50% na análise de sensibilidade.

Mediante os resultados obtidos, pode-se concluir que o melhoramento genético do cacauero tem importância socioeconômica e ambiental para a cacauicultura em SAF no Estado de Rondônia. Portanto é de suma importância a sinergia entre os *policy makers* do Estado, instituições de pesquisa, especificamente Instituições de Ensino Superior (IES), CEPLAC e EMBRAPA, além da própria comunidade rural com finalidade de se desenvolver e manter políticas públicas baseadas em desenvolvimento econômico e não apenas em crescimento econômico.

Nesse âmbito pode-se afirmar que o estudo atingiu os objetivos propostos, deixando a sua contribuição para a epistemologia do conhecimento na área que envolve a história do cacau, sua importância no desenvolvimento socioeconômico e ambiental, quando implantada em SAFs, bem como a potencialidade da variabilidade genética do cacauero na Amazônia brasileira. Por outro lado, as discussões tecidas ao longo do trabalho poderão servir para tomada de decisões políticas pelos órgãos que fomentam a agricultura no estado, sendo ainda aberto para pesquisas futuras que sanem algum tipo de lacuna apresentada no trabalho.

REFEFÊNCIAS

- ABRANTES, S. Agenda climática, sustentabilidade e desafio competitivo. *In*: ZYLBERSZTAJN, D., & Lins, C. (Org.). **Sustentabilidade e Geração de valor: a transição para o século XXI**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- AGUILAR, M.A.G.; et al. Botânica e morfologia. *In*: SOUZA, C.A.S.; et al. (Orgs.). **Cacau: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2016. p.111-122.
- AIPC – Associação Nacional da Indústria Processadoras de Cacau. **Importação de Amêndoas, derivados e chocolate**. Disponível em: <http://www.aipc.com.br/site/wp-content/uploads/2020/11/Importa%C3%A7%C3%B5es-JAN-SET.pdf>. Acesso em: 2 de out. de 2020.
- ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2nd ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 1999.
- ALMEIDA, A.A.F.; VALLE, R.R. Ecophysiology of the cacao tree. **Braz. J. Plant. Physiol.**, Rio de Janeiro, v.19, n.4, p. 425-448, 2007.
- ALMEIDA, C. M. V. C. **Correlações entre caracteres no estágio adulto e possibilidade de seleção precoce em híbridos biclonais de cacau (*Theobroma cacao* L)**. 194 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Vegetal). Piracicaba: ESALQ, 1991.
- _____. Avanços no melhoramento genético do cacau na Amazônia brasileira. *In*: MENDES, F. A. T. (Org.). **A Cacaucultura na Amazônia: história, genética, pragas e economia**. Belém: MAPA, 2017, p. 55-99.
- ALMEIDA, C. M. V. C.; DIAS, L. A. S.; SILVA, A. P. Caracterização agrônômica de acessos de cacau. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 368-373, 2009.
- ALMEIDA, C. M. V. C.; et al. Desempenho agrônômico de variedades clonais de cacau em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. **Agrotrópica** v. 28, n. 3, p. 221-232, 2016.
- ALMEIDA, C. M. V. C.; MATOS, P. G. G.; DESTRO, W. **Contribuições da CEPLAC para o processo de colonização de Rondônia: 40 anos de história e prospectiva**. Porto Velho: CEPLAC/SUERO, 2011.
- ALMEIDA, L. C.; MARTINS, A. C. S.; ROSSY, N. N. V. o cacau nos ecossistemas das várzeas dos estados do Pará e Amazonas. *In*: CEPLAC– Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Org.). **Manual técnico do cacau para a Amazônia Brasileira**. Belém: CEPLAC/SUEPA, 2013, p. 131-134.
- ÁLVARES AFONSO, F. M. **Rondônia: ocupação, crescimento e organização agrária**. Fortaleza: Realce Editora & Indústria Gráfica, Lda, 2008.
- ARMENGOT, L.; et al. Cacao agroforestry systems do not increase pest and disease incidence compared with monocultures under good cultural management practices. **Crop Protection**, v. 130, p. 1-9, 2020.
- ARAÚJO, M. R. A.; VASCONCELOS, H. E. M. Melhoramento genético participativo: uma estratégia para os ambientes adversos do semi-árido nordestino. *In*: Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em anais de congresso (ALICE). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 7., 2007, Fortaleza. Agricultura familiar, políticas públicas e inclusão social: **anais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 10 f. 1 CD-ROM., 2007.

- ARSHAD, F. M. et al. Modelling boom and bust of cocoa production systems in Malaysia. **Ecological Modelling**, v. 309–310, p. 22-32, 2015.
- ASIGBAASE, Michael et al. Biomass and carbon stocks of organic and conventional cocoa agroforests, Ghana. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 306 (in progress), p. 107192.
- ASSAD, L. Uma oportunidade que (ainda) não se concretizou. **Cienc. Cult.**, v. 69, n.2, pp.11-13, 2017.
- BASA – BANCO DA AMAZÔNIA. **PRONAF – Floresta**. Disponível em: <https://www.bancoamazonia.com.br/index.php/produtos-servicos/empresa/agricultura-familiar/pronaf-floresta>. Acesso em: 4 de jan. de 2020.
- BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial**. São Paulo: Saraiva, 2004.
- BARBOSA, R. C. M.; NEVES, A. D. de S. **Levantamento semidetalhado dos solos da estação experimental de Ouro Preto, RO**. Ilhéus: CEPLAC, 1983. 24 p. (Boletim Técnico, 105).
- BARRETO, P. A. et al. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 81, p. 213-220, 2011.
- BONAMICO, M. A. **Relação entre estoque de carbono acima do solo e produção de cacau em sistemas agroflorestais de cacau em São Félix do Xingu - PA, Brasil**. 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BEKELE, F.L. The history of cocoa production in Trinidad and Tobago. *In*: Proceedings of the APASTT Seminar – Exhibition entitled Re-vitalisation of the Trinidad & Tobago Cocoa Industry, 20 September 2003, St. Augustine, Trinidad, p. 4-12, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283794106> The History of Cocoa Production in Trinidad and Tobago. Acesso em 13 de ago. 2018.
- BENJAMIN, C. S.; et al. *Cacao* families and parents selected as resistant to natural infection of *Moniliophthora perniciosa*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 2, p. 141-146, 2016.
- BENTES-GAMA, Michelliny de Matos; et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho D'Oeste-RO. **R. Árvore**, v.29, n.3, p.401-411, 2005.
- BONENTE, Bianca Imbiriba; ALMEIDA FILHO, Niemeyer. Há uma nova economia do desenvolvimento? **Revista de Economia**, v. 34, n. 1, 2008.
- BORGES, F. H. **O meio ambiente e a organização**: um estudo de caso baseado no posicionamento de uma empresa frente a uma nova perspectiva ambiental. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado Engenharia da Produção). Escola de engenharia São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.
- BRASILEIRO, A. C. M.; CARNEIRO, V. T. C. **Manual de transformação genética de plantas**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, editoras técnicas, 2015.
- BRAZ, T. G. S. **Parâmetros genéticos, repetibilidade e diversidade genética em híbridos de *panicum maximum***. 103f. Tese (Programa de Pós-graduação em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, 2012.

- BRITO, J. S.; et al. Viabilidade econômica de sistema agroflorestal no Nordeste paraense. *In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL*, 21., 2017, Belém, PA. **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2017.
- CAIRNS, M. A. et al. Root biomass allocation in the world 's upland forests. **Oecologia**, v. 111, n. 1, p. 1-11, 1997.
- CASTRO, A. A.; et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais em estabelecimentos agrícolas familiares no Sudeste Paraense. **Universidade e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 74-87, 2017.
- CARVALHO, C. G. P.; et al. Avaliação e seleção de híbridos de cacau em Rondônia. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 8, p. 1043-1051, 2001.
- CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. **Álbum de fotos de cultivo de cacau**. Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/album/indice/index_cultivo_1.1.1.htm. Acesso em: 19 de abr. de 2020.
- _____. **Cacau: história e evolução**. Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/radar/radar_cacau.htm. Acesso em: 8 de jan. de 2020.
- _____. **Implantação do cacau em Sistemas Agroflorestais**. Brasília, MAPA/ACS, 2015.
- CHAPMAN, R. K.; SORIA, S. J. Comparative Forcipomyia (Diptera, Ceratopogonidae) pollination of cacao in Central America and Southern Mexico. **Revista Theobroma**, v. 13, n. 2, p. 129-139.
- CHAUVEAU, Jean-pierre; LÉONARD, Eric. Côte d'Ivoire's pioneer fronts: historical and political determinants of the spread of cocoa cultivation. *In: CLARENSE SMITH, W. G. (Edit.) Cocoa pioneer fronts since 1800: the role of smallholders, planters and merchants*. Macmillan Press, Lda London, Sr. Martin's Press, Inc, New York, p. 176-194, 1996.
- CLARENCE-SMITH, W.G. **Cocoa pioneer fronts since 1800**. Palgrave Macmillan, London, 1996.
- CLOUGH, Y.; FAUST, H.; TSCHARNTKE, T. Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. **Conservation Letters**, v. 2, p. 197–205, 2009.
- CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Panorama do Agro**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 10 de set. de 2020.
- COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. **Pesquisa em Administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- COSTA, F. M.; SOARES, N. S. (Org.). **Cacau, riqueza de pobres**. Ilhéus: Editus, 2016.
- COTTA, M. K.; et. al. Análise econômica do consórcio seringueira-cacau para geração de certificados de emissões reduzidas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 6, 2006, p. 969-979.
- CRESWELL, John W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 3rd ed. Los Angeles: Sage Publications, Inc., 2009.
- CRUZ, C. D. **Programa computacional Genes versão 7: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2009.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4º ed. Viçosa: UFV, 2012.

CUATRECASAS, J. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. **Contributions of the United States National Herbarium**, v.35, p.379-614, 1964.

CUENCA, M.A.G., NAZÁRIO, C.C. Importância Econômica e Evolução da Cultura do Cacao no Brasil e na Região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia entre 1990 e 2002. **Documentos 72- EMBRAPA Tabuleiros**, Aracaju, 2004.

DANTAS NETO, A; et al. Caracterização de uma população de cacaueteiro para mapeamento de genes de resistência à vassoura-de-bruxa e podridão-parda. **Fitopatol. bras**, v. 30, n. 4, p. 381, 2005.

DIAS, L. A. S.; BARROS, W. S. **Biometria experimental**. Viçosa: Suprema, 2009.

DIAS, L. A. S.; RESENDE, M.D.V. Estratégias e métodos de seleção. *In*: DIAS, L.A.S. (Org.). **Melhoramento genético do cacaueteiro**. Viçosa: FUNAPE, 2001, p. 4-39.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Repeatability and minimum harvest period of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Bahia. **Euphytica**, v. 102, n. 1, p. 29-35, 1998.

DONALD, M. **A shaded understory: interacting with associated species in trinidadian cacao agroforestry systems**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Comunicação, Saúde e Ciências da Vida) – Departamento de Ciências Sociais e Sociologia Rural da Universidade de Wageningen, Wageningen, 2019.

DUGUMA, B; GOCKOWSKI, J; BAKALA, J. Smallholder Cacao (*Theobroma cacao* Linn.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: challenges and opportunities. **Agroforestry Systems**, v. 51, p. 177-188, 2001.

DUVAL, A.; et al. Genetic parameters and the impact of off-types for *Theobroma cacao* L. in a breeding program in Brazil. **Front. Plant Sci**, v. 8, n. 2059, p. 1-12, 2017.

ECOSYSTEM MARKETPLACE. **Voluntary carbon and the Post-Pandemic recovery: a special climate week NYC 2020 instalment of Ecosystem Marketplace's State of Voluntary Carbon Market 2020 Report**. Disponível em: <https://app.hubspot.com/documents/3298623/view/88656172?accessId=b01f32>. Acesso em: out. 2020

EGRI, C.; PINFIELD, L. As organizações e a biosfera: ecologia e meio ambiente. *In*: CLEGG, S.; HARD, C.; NORD, W. (Org.) **Handbook de estudos organizacionais**. vol. 1, São Paulo: Atlas, 1998. p. 363-399.

EMATER/RO – Entidade Autárquica de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia. **Pesquisa semanal e preços, 2020**. Disponível em: <http://www.emater.ro.gov.br/ematerro/pesquisa-de-preco/>. Acesso em: 1 de out. De 2020.

ENGEL, Vera Lex. Sistemas Agroflorestais: Conceitos e Aplicações. **SEMINARIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**, 2003.

ESALQ/USP. **Novo cenário da produção de cacau no Brasil**. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/cprural/noticias/mostra/3342/novo-cenario-da-producao-de-cacau-no-brasil.html>. Acesso em: 8 de jul. de 2017.

ESCOBAR, A. **O lugar da natureza e a natureza do lugar: globalização ou pós-desenvolvimento?**. *In*: A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais.

Perspectivas latino-americanas. Lander, Edgardo (org). Colección Sur Sur, CLACSO, Buenos Aires, setembro 2005. pp.133-168.

ESTIVAL, K. G. S.; CORRÊA, S. R. S.; PROCÓPIO, D. P. Construção dos mercados de qualidade do cacau no Brasil. **Rev. Agr. Acad.**, v.2, n.1, p. 103-123, 2019.

EVANS, H. C.; BARRETO, R. W. *Crinipellis perniciosa*: A much investigated but little understood fungus. **Mycologist**, v. 10, n. 2, p.58-61, 1996.

FIGUEIREDO, S. F. L. Conservação da viabilidade da semente de cacau: tipificação do fruto e descrição da semente e da germinação. **Revista Theobroma**, v. 16, n. 2, p. 75-88, 1986.

FONSECA, S. E. A.; SILVA NETO, P. J.; KOBAYASHI, R. S. **Relatório de definição da composição genética dos novos campos de produção de sementes híbridas de cacau no estado do Pará**. Belém: CEPLAC/SUPOR, 2008.

FRANCISCO NETO, E. Parâmetros genéticos e seleção genotípica de cacau na Amazônia brasileira. 121 f. **Tese** (Doutorado em Genética e Bioquímica) – Programa de Pós-graduação em Genética E Bioquímica da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

FRANCISCO NETO, E.; ALMEIDA, L. C.; MACHADO, P. F. R. Desempenho de híbridos de cacau (*Theobroma cacao* L.) sob pressão natural de inóculos de *Crinipellis perniciosa* na Amazônia brasileira. *In: International Cocoa Research Conference, 12^a, 1996, Salvador. Proceedings...* Lagos, Nigeria: Cocoa producer's Alliance, 1999, p. 210-213.

FREEMAN, R. Edward. Corporate Views of the Public Interest. **Academy of Management. The Academy of Management Review (pre-1986)**, v. 9, n. 2, p. 366, 1984.

FRYNAS, Jędrzej George; WOOD, Geoffrey; DE OLIVEIRA, Ricardo MS Soares. Business and politics in São Tomé e Príncipe: from cocoa monoculture to petro-state. **African Affairs**, v. 102, n. 406, p. 51-80, 2003.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; et al. Carbon storage in soil size fractions under two 48 cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. **Environmental Management**, v. 45, 2010, p. 274-283.

GOULART, R. C. Estrutura do Mercado de Voluntário de Carbono no Brasil: Um estudo exploratório. 2013. 147f. **Dissertação** (Mestrado em Administração). Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2013.

GUIMARÃES, M. E. S. Avaliação genética de acessos de cacau. 52 f. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11863>. Acesso em mar. de 2020.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Sistema Nacional de Cadastro Rural: índices básicos de 2013**. Disponível em: http://www.incra.gov.br/media/docs/indices_basicos_2013_por_municipio.pdf. Acesso em: jan. 2020.

INVESTING. **Cacau NY Futuros**. Disponível em: <https://br.investing.com/commodities/us-cocoa>. Acesso em: 03 de nov. de 2020.

JACKSON, T. Macroeconomias ecológicas. *In: JACKSON, T. (Org.). Prosperidade sem crescimento: vida boa em um planeta finito*. São Paulo: Editora Abril, 2013, p. 139-162.

KIM, L. Cacao: impetus for the creation of an independent Venezuela. **Emory Endeavors in World History**, v. 1, 2007.

KING, K. F. S.; CHANDLER, M. T. **The wasted lands**. In: Internacional Council for Research in Agroforestry (ICRAF), Nairobi, 1978. Disponível em: http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/19_The_wasted_lands.pdf. Acesso em: 12 de jan. de 2018.

KRUPA, S.V. Global climate change: processes and products an overview. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 46, p. 73-88, 1997.

LIMA, A. C.; SIMÕES, R. F. Teorias clássicas do desenvolvimento regional e suas implicações de política econômica: o caso do Brasil. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 12, n. 21, p. 5-19, 2010.

LIMA, E. L.; SILVA NETO, P. J. Aspectos gerais do cultivo do cacauero. In: MENDES, F. A. T. (Org.). **A Cacaicultura na Amazônia: história, genética, pragas e economia**. Belém: MAPA, 2017, p. 9-54, 2017.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, p. 193-198, 1988.

LOBÃO, D. E. V. P. Agroecossistema cacauero da Bahia: cacau-cabruca e fragmentos florestais na conservação de espécies arbóreas. 98 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2007.

LUCENA, H. D.; PARAENSE, V. C.; MANCEBO, C. H. A. Viabilidade econômica de um Sistema Agroflorestal com cacau e essências florestais de alto valor comercial em Altamira-PA. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 8, n. 1, jan/abr. 2016.

MARLATS, R. M.; DENEGRI, G.; ANSIN, O. E.; LANFRANCO, J. W. Sistemas silvopastoriles: Estimación de beneficios directos comparados com monoculturs em la Pampa Ondulada, Argentina. **Agroforestería em las Américas**. Turrialba, v. 2, n. 8, p. 20-25, 1995.

MARTA, J. M. C. **Rondônia: da colonização à integração Latino-Americana**. Cuiabá: EdUFMT; Porto Velho: Eudfro, 2018.

MASCARENHAS, A. R. P.; et al. Atributos físicos e estoques de carbono do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 37, n. 89, p. 19-27, 2017.

MENDONÇA, M. V. Corredor ecológico entre as áreas protegidas de Carajás e da Terra do Meio, Pará. 114f. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

MONROE, P. H. M. et al. Soil carbon stocks and origin under different cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 221, p. 99-108, 2016.

MULLER, M. W.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Sistemas Agroflorestais com Cacauero. In: VALLE, R. R. (Org.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacauero**. Brasília – DF, 2012, p. 407-435.

- MUSTIGA, G. M.; *et al.* Phenotypic description of *Theobroma cacao* L. for yield and vigor traits from 34 hybrid families in Costa Rica based on the genetic basis of the parental population. **Front. Plant Sci**, v. 9, n. 808, p. 1-17, 2018.
- NAIR, P. K. R.; *et al.* Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. **Environmental Science & Policy**, v. 12, n. 8, p. 1099-1111, 2009.
- NASCIMENTO, Luís Felipe. **Gestão ambiental e a sustentabilidade**. Rio Grande do Sul: UAB, 2008.
- NIETHER, Wiebke; *et al.* Below- and aboveground production in cocoa monocultures and agroforestry systems. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 558–567, 2019.
- NISHI, M. H.; *et al.* Influência dos créditos de carbono na viabilidade financeira de três projetos florestais. **Rev. Árvore**, v. 29, n. 2, 2005.
- OFORI, A. *et al.* Genetic variation for vigour and yield of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones in Ghana. **Scientia Horticulturae**, v. 213, p. 287-293, 2016.
- OKABE, E. T; *et al.* Desempenho de clones de cacau em Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil. **Biosci. J.**, v. 20, n. 3, p. 133-143, 2004.
- OKE, D. O.; ODEBIYI, K. A. Traditional cocoa-based agroforestry and forest species conservation in Ondo State, Nigeria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 122, n. 3, p. 305-311, 2007.
- OWUSU, M. **Influence of raw material and processing on aroma in chocolate**. 98 f. Tese (Doutorado em Qualidade e Tecnologia do alimento) – Departamento de Ciências Gastronômicas da Faculdade de Ciência da Vida da Universidade de Copenhague, Copenhague, 2010.
- PAIM, V. R. L. M; *et al.* Sources of resistance to *Crinipellis pernicios*a in progenies of cacao accessions collected in the Brazilian Amazon. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 6, p. 572-578, 2006.
- PARAENSE, V. C.; MENDES, F. A. T.; FREITAS, A. D. D. Avaliação econômica de Sistemas Agroflorestais de cacau e mogno na Transamazônica: um estudo de caso. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n.16, p.83-84, 2013.
- PARRON, L. M. *et al.* Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. In: PARRON, L. M. *et al.* Serviços ambientais em sistemas agrícola e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 71-83.
- PEREIRA, A. B. Melhoramento clonal. In: DIAS, L.A.S. (Org.). **Melhoramento genético do cacau**. Viçosa: Funape, 2001. p.361-384.
- PEREIRA, J. L.; ALMEIDA, L.C.C.; SANTOS, S.M. Witches' broom disease of cocoa in Bahia: attempts at eradication and containment. **Crop Protection**, v. 15, n. 8, p. 743-752, 1996.
- PERINA, H. B. **Cacau**: das origens históricas ao chocolate. Disponível em: <https://loucaporcozinha.wixsite.com/loucaporcozinha/single-post/2017/10/03/cacau-das-origens-historicas-ao-chocolate>. Acesso em: 13 de nov. de 2017.
- PERROUX, F. Notes sur la notion de pôle de croissance”. **Economie appliquée**, v. 1-2, n. 8, p. 307-322, 1955.

- PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 169-181, 2009.
- PIASENTIN, Flora Bonazzi; SAITO, Carlos Hiroo. Os diferentes métodos de cultivo de cacau no sudeste da Bahia, Brasil: aspectos históricos e percepções. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 9, n. 1, p. 61-78, jan.-abr. 2014.
- PINA, M. G. M. Produtos: chocolate e achocolatados. In: CEPLAC– Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. **Manual técnico do cacauero para a Amazônia Brasileira**. Belém: CEPLAC/SUEPA, 2013, p. 25-27.
- PINTO, L.R.M.; PIRES, J.L. **Seleção de plantas de cacau resistentes à vassoura-de-bruxa**. Boletim Técnico, 181: Ilhéus: CEPLAC, 1998.
- PIRES, J. L. Avaliação quantitativa e molecular de germoplasma para o melhoramento do cacauero com ênfase na produtividade, qualidade de frutos e resistência a doenças. 2003. 226 f. **Tese** (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- PIRES, J. L.; et al. Resistance to witches' broom: evaluation of genotypes from different origins. In: **International Cocoa Research Conference, 12, Proceedings**. Cocoa Producers' Alliance, Lagos, 1999, p. 389-398.
- PIRES, J. L.; ROSA, E. S.; MACEDO, M. M. Avaliação de clones de cacauero na Bahia, Brasil. **Agrotrópica**, v. 24, n. 2, p. 79-84, 2012.
- PIRES, M. M. Dinâmica e análise econômica da viabilidade dos sistemas de produção com cacau orgânico do sul da Bahia. In: GOMES, A. S.; PIRES, M. M. (Orgs.) **Cacaucultura: estrutura produtiva, mercados e perspectivas**. Bahia: Editus, 2015, p. 43-78.
- POUND, F. J. Cacao and witches' broom disease (*Marasmius perniciosus*): report on a recent visit to the Amazon territory of Peru. In: RHODES, A.L. (Ed.). **Cacao agronomist**. Port of Spain: Government Printer, Department of Agriculture, 1943. 14p.
- POWIS, T. G.; et al. Cacao use and the San Lorenzo Olmec. **PNAS**, v. 108, n. 21, p. 8595-8600, 2011.
- PRADO JÚNIOR, Caio. **História econômica do Brasil**. São Paulo: Brasiliense, v. 15, 1978.
- RAJAB, Y. A.; et al. Cacao cultivation under diverse shade tree cover allows high carbon storage and sequestration without yield losses. **PLoS ONE**, v. 11, n. 2, 2016.
- RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN - REML/BLUP**. EMBRAPA, Colombo, Novembro, 2002.
- RESENDE, M. L. V. et al. Seleção de extratos vegetais para indução de resistência e ativação de respostas de defesa em cacauero contra a vassoura-de-bruxa. **Fitopatologia Brasileira, Brasília**, v. 32, n. 3, p. 213-221, 2007.
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2008.
- RIBEIRO, Gustavo Lins. Poder, redes e ideologia no campo do desenvolvimento. **Novos estudos CEBRAP**, n. 80, p. 109-125, 2008.
- RIOS-RUIZ, R.A. Melhoramento para resistência a doenças. In: DIAS, L.A.S. (Org.). **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa: FUNAPE, 2001. p.289-324.

ROESCH, Sylvia M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

RONDÔNIA – Governo do Estado de Rondônia. **Economia verde**: Rondônia acompanha execução do projeto REDD+ da Reserva Rio Cautário: famílias recebem bolsa mensal de R\$ 1 mil. Disponível em: <http://www.rondonia.ro.gov.br/rondonia-acompanha-execucao-do-projeto-redd-da-reserva-rio-cautario-familias-recebem-bolsa-mensal-de-r-1-mil/#:~:text=ECONOMIA%20VERDE-.Rond%C3%B4nia%20acompanha%20execu%C3%A7%C3%A3o%20do%20Projeto%20REDD%2B%20da%20Reserva%20Rio%20Caut%C3%A1rio,mensal%20de%20R%24%201%20mil&text=O%20cr%C3%A9dito%20de%20carbono%20que,econ%C3%B4mica%20do%20Governo%20de%20Rond%C3%B4nia..> Acesso em: 13 de out. de 2020.

_____. **Lei n.º 4.437/2018**. Institui a Política Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais - PGSA e cria o Sistema Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais - SGSA, no âmbito do Estado de Rondônia e dá outras providências. Disponível em: <https://sapl.al.ro.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2018/8761/14437.pdf>. Acesso em: 12 de set. de 2019.

SANGUINO, A. C.; et al. Avaliação econômica de Sistemas Agroflorestais no estado do Pará. **Revista Ciência Agrária**, n. 47, p. 71-88, 2007.

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

SANTOS, A. et al. Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x café na região norte do Paraná. **Cerne**, v. 6, n. 1, 2000.

SANTOS, G. A. **Análise econômica da produção de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao*) face à variação do preço do mercado**: um estudo aplicado no Município de Ouro Preto do Oeste-RO. 101 f. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019

SANTOS, G. A.; LIMA, J. T. G. P.; SOUZA JÚNIOR, A. A. Análise da variação da área produtiva de cacau (*Theobroma cacao*) no Estado de Rondônia: uma abordagem socioambiental. In: XXV Simpósio de Engenharia de Produção, 2018, Bauru – SP. Inovação e Sustentabilidade na Gestão de Processos de Negócios: **anais**, 2018.

SÁ SILVA, Jackson Ronie; ALMEIDA, Cristóvão Domingos; GUINDANI, Joel Felipe. **Pesquisa documental**: pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História e Ciências Sociais*. v. 1, n. 1, jul. 2009.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

STATISTA. **Cocoa production by country 2018/19 & 2019/2020**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/263855/cocoa-bean-production-worldwide-by-region/>. Acesso em: 1 de out. de 2020.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics**: a biometrical approach. Michigan: McGraw, 1997.

SEIBERT, G. Colonialismo em São Tomé e Príncipe: hierarquização, classificação e segregação da vida social. **Anuário Antropológico**, v. 2, p. 99-120, 2015.

_____. **Camaradas, clientes e compadres, colonialismo, socialismo e democratização em São Tomé e Príncipe**. 2 ed. Lisboa: Editora Veja, 2002.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Cacau: produção, manejo e colheita**. Brasília: SENAR, 2018. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/215-CACAU.pdf>. Acesso em: 23 de ago. de 2019.

SFB – Serviço Florestal Brasileiro. **Pagamentos e transporte da madeira manejada na Unidade de Manejo Florestal (UMF) I da Flona do Jamari (RO)**. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/component/content/article/96-concessoes-florestais/florestas-sob-concessao/jamari/299-umf-i-madeflona-industrial-madeireira-execucao-financeira-e-tecnica-da-concessao-jamari-umf-i>. Acesso em: 29 de abr. de 2020.

SHARROW, S. H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agroforestry Systems**, v. 60, n. 2, p. 123-160, 2004.

SILVA NETO, P. J. Classificação botânica. In: CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. **Manual técnico do cacau para a Amazônia Brasileira**. Belém: CEPLAC/SUEPA, 2013, p. 25-27.

SILVA NETO, P. J.; et al. **Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira**. Belém, CEPLAC, 2001.

SILATSA, F. B. T; et al. Modeling carbon stock dynamics under fallow and cocoa agroforest systems in the shifting agricultural landscape of Central Cameroon. **Agroforest Syst**, v, 91, n. 5, p. 993-1006, 2017.

SOUZA, N. J. Teoria dos polos, regiões inteligentes e sistemas regionais de inovação. **Análise**, v. 16, n. 1, 2005.

SYDENSTRICKER NETO, J. M. Parceleiros de Machadinho: história migratória e as interações entre a dinâmica demográfica e o ciclo agrícola em Rondônia. 190 f. **Dissertação** (Mestrado em Sociologia) - Programa de Pós-graduação em Sociologia da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1992.

TEIXEIRA NETO, Euclides. Os arranjos institucionais no sistema agroindustrial do cacau em Linhares-ES. 2017. 138f. **Dissertação** (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2017.

TONDOH, J. E. et al. Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d’Ivoire. **Global Ecology and Conservation**, v. 3, p. 575-595, 2015.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G; TOLEDO, C. P. B. S.; RIBEIRO, S. C.; MARTINS, M. C. Biomass and carbon stock in *Jatropha curcas* L. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 353-359, 2011.

TREVISAN, O. Comportamento da broca dos frutos do cacau *Conotrachelus humeropictus* Fiedler, 1940 (Col.: Curculionidae), em Rondônia. Piracicaba, 1989. 75p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Biológicas/Entomologia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

TRIVINOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

- UN – United Nation. **United Nations Framework Convention on Climate Change**. 1992. https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf. Acesso em ago, 2019,
- YAMADA, M, M.; et al. Desempenho agrônômico de 27 progênies de cacauero e seleção de plantas com base na produtividade, autocompatibilidade e resistência a doenças. **Rev. Ceres**, v. 60, n. 4, p. 514-518, 2013
- YOSIE, Terry F.; HERBST, Timothy D. Using stakeholder processes in Environmental decisionmaking: an evaluation of lessons learned, key issues, and future challenges. 1998. Disponível em: <http://www.gdrc.org/decision/nr98ab01.pdf> Acesso em: 23 jan. 2018.
- Van LEEUWEN, J.; et al. Sistemas Agroflorestais para a Amazônia: importância e pesquisas realizadas. In: NODA, H., SOUZA, L. A. G.; FONSECA, O. J. M. (Org.). **Duas décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido**. INPA, Manaus, p. 131-146, 1999.
- VALLENILLA, N.H. The Eastern Venezuela Pioneer Front, 1830s–1930s: The Role of the Corsican Trade Network. In: Clarence-Smith W.G. (eds) **Cocoa Pioneer Fronts since 1800**. Palgrave Macmillan, London, p. 23-44, 1996.
- VELLO, F.; MEDEIROS, A. G. Expedição botânica à Amazônia Brasileira. **Cacau Atualidades**, n. 4, v. 2, p. 47-51.
- WASC – World Atlas Statistics by Country. **Cocoa bean**: producing countries (tons). WASC, 2016.
- WHEELER, B.E.J., 1985. The growth of *Crinipellis pernicioso* in living and dead cocoa tissue. In: *Developmental Biology of Higher Fungi*. Cambridge University Press, London, UK, p. 103-116.
- WOOD, G. A. R; LASS, R. A. **Cocoa**. 4nd. ed., Agawam: Blackwell Science, 1985.
- WURIANDANI, A; et al. Diversity of Pods and Beans of Twelve Cocoa Clones (*Theobroma cacao* L.) in Rainy and Dry Seasons. **Pelita Perkebunan**, v. 34, n. 1, p. 1-10, 2018
- ZARRILLO, S.; et al. The use and domestication of *Theobroma cacao* during the mid-holocene in the upper Amazon. **Nature, Ecology & Evolution**, v. 2, p. 1879–1888, 2018.
- ZUGAIB, A. C. C.; BARRETO, R. C. **Mercado brasileiro de cacau**: perspectiva de demanda, oferta e preços. *Agrotrópica*, n. 3, v. 27, p. 303-316, 2015.
- ZUGAIB, A. C. C.; et al. Valoração ambiental do sistema cacau cabruca para efeito de crédito rural em Barro Preto, Bahia. **Boletim Técnico n° 208**. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 2017.

APÉNDICE A – ESTIMATIVAS DOS VALORES GENÉTICOS DA PRODUÇÃO DE SEMENTES ÚMIDAS (GRAMAS.PLANTA-1) DE TODOS OS GENÓTIPOS AVALIADOS, ORDENADAS DE MANEIRA DECRESCENTE A PARTIR DA PLANTA MAIS PRODUTIVA (ORD.)

Ord.	Ind	Prog.	Parc.	f	a	u+a	Ne	d
1	5	1	17	5254.6	1936.8	3983.4	1.0	1043.2
2	34	5	57	4841.9	1723.6	3770.2	2.0	1067.5
3	191	24	247	4440.0	1535.0	3581.6	3.0	765.3
4	459	10	109	5112.8	1528.4	3575.0	4.0	946.1
5	389	1	19	4978.3	1427.2	3473.9	4.5	775.7
6	473	12	129	5837.4	1330.0	3376.7	5.5	714.2
7	574	24	249	4560.3	1284.1	3330.8	6.1	398.0
8	378	24	248	3938.3	1239.7	3286.4	6.3	564.0
9	186	24	247	5444.0	1235.2	3281.8	6.3	665.5
10	569	24	249	5262.5	1218.2	3264.8	6.2	354.1
11	573	24	249	4316.7	1153.0	3199.6	6.0	310.6
12	384	24	248	4005.5	1140.0	3186.6	5.8	301.9
13	285	12	128	3930.3	1095.9	3142.5	6.5	558.1
14	108	14	147	4989.9	1060.8	3107.5	7.3	657.8
15	391	1	19	5470.0	1057.8	3104.5	7.8	457.3
16	522	18	189	4384.8	1050.7	3097.4	8.6	682.8
17	325	17	178	4213.4	1047.1	3093.8	9.4	692.8
18	570	24	249	4180.2	961.6	3008.2	9.1	183.0
19	572	24	249	3959.0	960.4	3007.0	8.8	182.2
20	96	12	127	4270.9	935.3	2981.9	9.3	451.0
21	316	16	168	3942.7	872.9	2919.6	10.1	683.3
22	3	1	17	3271.8	869.4	2916.0	10.5	331.6
23	331	18	188	3751.7	863.2	2909.8	11.1	476.0
24	442	8	89	4275.6	862.4	2909.1	11.9	666.0
25	514	17	179	3890.1	830.4	2877.1	12.5	630.1
26	153	20	207	3855.9	824.8	2871.5	13.3	652.3
27	222	4	48	3433.7	814.7	2861.3	14.1	551.0
28	103	13	137	3930.0	812.9	2859.5	14.9	468.0
29	372	23	238	3578.3	807.9	2854.5	15.7	627.3
30	395	2	29	4577.0	806.6	2853.2	16.5	558.6
31	163	21	217	3708.3	795.3	2842.0	17.3	556.8
32	132	17	177	3810.2	793.5	2840.2	17.8	497.6
33	100	5	54	3982.0	776.0	2822.7	18.4	443.5
34	95	12	127	3775.0	754.0	2800.6	18.8	330.2
35	491	14	149	3883.3	726.8	2773.4	19.4	508.9
36	332	18	188	4271.5	720.0	2766.7	19.9	417.2

37	298	14	148	4136.4	705.1	2751.7	20.4	492.6
38	267	10	108	4311.5	694.5	2741.1	21.1	307.3
39	67	9	97	2912.8	686.8	2733.5	21.9	425.2
40	139	18	181	4680.0	678.9	2725.5	22.2	279.9
41	278	11	118	3314.0	676.6	2723.2	23.0	377.6
42	268	10	108	3443.5	672.9	2719.5	23.5	287.3
43	571	24	249	3401.7	660.3	2707.0	22.9	-17.8
44	225	5	58	3216.3	659.8	2706.4	23.4	289.1
45	265	10	108	3411.3	655.6	2702.2	23.7	275.8
46	575	24	243	2558.0	654.2	2700.8	23.1	-21.9
47	24	1	16	3934.5	640.2	2686.9	23.4	346.1
48	271	10	108	4117.5	623.6	2670.2	23.6	260.0
49	142	18	187	2903.3	611.8	2658.5	23.8	311.3
50	232	5	58	2875.4	600.7	2647.4	24.2	251.3
51	289	13	138	4042.3	599.5	2646.2	24.9	397.8
52	158	20	207	3407.1	583.2	2629.8	25.5	491.2
53	387	1	19	3383.3	568.6	2615.2	25.6	203.3
54	23	1	16	3697.0	565.2	2611.8	25.6	128.9
55	393	17	175	4439.5	564.8	2611.5	26.0	384.3
56	7	1	17	2671.0	545.9	2592.6	25.9	116.0
57	396	17	175	4386.0	545.3	2591.9	26.2	371.3
58	6	1	17	2641.7	530.1	2576.8	26.0	105.5
59	558	22	229	3300.0	528.1	2574.8	26.8	394.2
60	199	1	18	2460.0	523.1	2569.8	26.5	100.8
61	386	1	19	3292.0	519.4	2566.1	26.2	170.5
62	421	5	59	3060.0	507.4	2554.1	26.5	179.0
63	291	13	138	3010.0	507.4	2554.0	27.0	336.3
64	410	4	49	3277.8	501.9	2548.5	27.6	293.0
65	260	9	98	3441.2	500.4	2547.1	28.2	241.3
66	16	2	27	2480.0	487.8	2534.5	28.8	273.9
67	452	9	99	3097.2	480.5	2527.2	29.3	255.2
68	105	14	147	2788.5	478.3	2525.0	29.7	301.6
69	282	12	128	2779.7	476.4	2523.1	30.0	145.1
70	423	5	59	3760.0	475.5	2522.2	30.2	171.1
71	146	19	197	2870.9	472.0	2518.6	30.9	347.9
72	525	18	189	3467.9	467.4	2514.1	31.1	138.9
73	323	17	178	3115.7	456.2	2502.8	31.3	298.8
74	226	5	58	2599.8	452.4	2499.0	31.4	152.4
75	145	19	197	2813.3	441.0	2487.6	32.0	327.2
76	472	11	113	4473.0	437.2	2483.9	32.6	267.6
77	487	13	139	3059.5	436.0	2482.6	33.0	279.2
78	437	7	79	3001.7	430.0	2476.7	33.6	364.1
79	528	18	183	4350.0	427.4	2474.1	33.7	112.3
80	357	21	218	2938.1	427.2	2473.8	34.3	391.6
81	566	24	245	2947.5	421.7	2468.3	34.0	86.5
82	466	11	119	2732.1	409.4	2456.0	34.5	287.9

83	75	4	44	2902.5	406.8	2453.4	35.0	238.2
84	194	1	18	2309.7	406.6	2453.2	34.6	75.0
85	563	24	245	2900.0	404.3	2450.9	34.3	74.9
86	458	10	109	3022.0	402.8	2449.4	34.5	195.7
87	32	4	47	3221.5	401.9	2448.5	34.9	357.5
88	394	17	175	3985.0	398.7	2445.3	35.0	273.6
89	405	3	39	3210.2	398.3	2445.0	35.7	312.8
90	422	5	59	3333.3	396.1	2442.7	35.8	118.2
91	434	7	79	3458.4	390.6	2437.2	36.3	315.7
92	449	9	99	3103.6	390.0	2436.6	36.7	167.7
93	133	17	177	2453.3	387.3	2434.0	36.8	255.8
94	215	9	96	3778.5	381.7	2428.4	37.1	251.7
95	480	20	206	4869.0	368.6	2415.2	37.6	338.5
96	205	9	95	3489.0	366.5	2413.2	37.8	152.1
97	19	1	16	2590.0	359.0	2405.7	37.5	-8.6
98	193	1	18	1997.5	354.0	2400.7	37.2	-11.9
99	211	3	38	3079.3	353.8	2400.4	37.7	262.8
100	328	17	178	3132.0	352.9	2399.5	37.7	243.1
101	42	6	67	2820.3	348.0	2394.7	38.4	284.7
102	18	1	16	3131.5	346.7	2393.3	38.0	150.4
103	426	6	69	3025.0	342.3	2389.0	38.5	169.7
104	258	11	116	3146.0	336.0	2382.7	38.9	165.9
105	474	12	129	3108.5	332.4	2379.1	39.2	49.1
106	275	11	118	3623.5	331.9	2378.5	39.5	197.3
107	455	9	99	2805.0	323.2	2369.9	39.7	150.3
108	518	17	179	2943.0	320.5	2367.2	39.6	290.1
109	201	2	28	2733.4	319.9	2366.6	40.1	260.3
110	48	6	67	3179.2	319.8	2366.5	40.6	268.7
111	248	7	78	3026.8	318.3	2364.9	41.1	333.8
112	327	17	178	2855.5	316.1	2362.7	41.0	205.5
113	264	9	98	2916.8	308.7	2355.4	41.1	113.5
114	144	18	187	2245.1	307.3	2353.9	41.2	32.2
115	303	14	148	2608.9	305.7	2352.4	41.5	234.6
116	399	2	29	3641.8	303.1	2349.8	41.9	222.9
117	266	10	108	3214.2	293.3	2340.0	42.1	39.9
118	348	20	208	2891.8	286.9	2333.5	42.5	373.9
119	333	18	188	2680.7	286.6	2333.3	42.6	91.7
120	148	19	197	2738.2	284.1	2330.8	43.1	178.4
121	200	1	18	2077.9	281.8	2328.4	42.7	-8.2
122	30	4	47	2225.0	280.0	2326.7	43.0	262.1
123	166	21	217	3072.1	263.6	2310.3	43.5	226.1
124	121	16	167	2634.0	262.8	2309.5	44.0	267.2
125	418	5	59	2339.5	260.8	2307.5	44.1	28.0
126	545	21	219	2752.0	258.4	2305.1	44.5	196.3
127	461	10	109	2919.0	254.6	2301.3	44.6	14.1
128	382	24	248	2105.3	252.9	2299.6	44.4	-93.9

129	234	6	68	2412.0	252.5	2299.1	44.8	153.5
130	92	12	127	2570.0	248.0	2294.7	45.0	123.9
131	441	8	89	3132.7	247.1	2293.8	45.5	255.9
132	457	10	109	2891.7	244.6	2291.3	45.6	7.4
133	497	21	216	3476.0	243.6	2290.3	45.9	141.5
134	77	10	107	2118.7	240.6	2287.3	46.0	86.5
135	36	5	57	2086.3	240.1	2286.7	46.0	78.5
136	288	12	128	2000.0	238.2	2284.9	46.2	-13.7
137	490	14	149	2973.9	237.2	2283.8	46.4	182.5
138	335	18	188	2574.3	229.4	2276.0	46.5	53.5
139	383	24	248	2051.2	223.8	2270.5	46.2	-113.3
140	380	24	248	1497.4	223.0	2269.7	45.9	-309.4
141	379	24	248	2049.7	223.0	2269.7	45.6	-113.9
142	284	12	128	2307.6	222.3	2269.0	45.7	-24.3
143	47	6	67	2901.1	218.1	2264.8	46.1	200.9
144	272	10	108	2595.7	216.5	2263.1	46.1	-17.0
145	135	17	177	2225.0	214.0	2260.7	46.0	111.2
146	355	21	218	2536.9	211.1	2257.8	46.3	247.6
147	188	24	247	933.3	207.6	2254.3	46.0	-319.6
148	94	12	127	2266.5	202.5	2249.1	46.1	-37.5
149	554	22	229	2689.4	199.4	2246.1	46.6	175.1
150	120	5	56	2760.0	198.5	2245.1	46.6	-13.6
151	80	10	107	2033.0	194.5	2241.2	46.6	55.8
152	287	12	128	2045.0	193.6	2240.2	46.6	-43.4
153	231	5	58	1941.0	193.6	2240.2	46.6	-21.7
154	493	14	149	3180.3	192.0	2238.6	46.8	175.0
155	197	1	18	1900.0	186.0	2232.7	46.6	-72.0
156	137	18	187	1400.0	184.5	2231.1	46.7	-49.7
157	263	9	98	2571.0	182.3	2229.0	46.8	29.3
158	543	20	209	2462.5	181.9	2228.5	47.1	214.1
159	152	19	197	2458.3	181.8	2228.4	47.5	110.2
160	181	23	237	2360.0	180.0	2226.7	48.0	188.9
161	329	14	146	2428.0	178.0	2224.6	48.2	55.8
162	281	12	128	1961.9	163.2	2209.8	48.2	-63.7
163	261	9	98	2596.1	159.3	2206.0	48.3	36.7
164	489	14	149	3090.4	159.1	2205.7	48.5	153.1
165	280	11	118	2702.8	155.0	2201.7	48.7	79.4
166	198	1	18	1839.0	153.2	2199.8	48.5	-93.9
167	184	23	237	2112.7	152.9	2199.6	48.9	195.2
168	98	13	137	2120.0	151.2	2197.8	49.3	26.9
169	20	3	37	2294.3	148.7	2195.4	49.7	74.2
170	91	12	127	2287.4	148.6	2195.2	49.7	13.9
171	568	23	239	2371.3	148.4	2195.1	50.0	-7.8
172	162	21	217	2499.3	144.4	2191.1	50.3	122.9
173	14	2	27	1839.6	143.0	2189.7	50.6	44.1
174	292	13	132	2150.0	142.9	2189.5	50.9	93.3

175	262	9	98	2462.9	142.8	2189.4	51.0	2.9
176	237	6	68	2204.3	140.7	2187.3	51.3	78.9
177	4	1	17	1675.0	139.9	2186.6	51.0	-154.7
178	392	1	19	2581.7	137.0	2183.6	50.7	-84.5
179	76	10	101	1757.0	136.5	2183.2	50.7	-64.6
180	307	15	158	3142.9	135.6	2182.2	51.1	270.5
181	506	16	169	3265.5	126.7	2173.3	51.5	213.0
182	240	6	68	2418.8	126.1	2172.8	51.8	139.6
183	214	9	96	3077.5	125.5	2172.1	51.8	80.8
184	223	4	48	2763.0	124.1	2170.7	52.1	172.3
185	381	24	248	1864.7	123.4	2170.0	51.9	-180.3
186	90	12	127	2236.3	121.1	2167.7	51.8	-4.4
187	530	19	199	2066.2	120.9	2167.5	52.2	96.2
188	9	1	15	1891.0	119.0	2165.7	51.9	-21.1
189	505	16	169	3235.8	115.8	2162.5	52.2	205.8
190	17	3	37	2230.0	114.1	2160.7	52.6	51.2
191	73	10	107	1700.0	112.9	2159.6	52.6	-80.4
192	427	18	186	1300.0	107.9	2154.5	52.6	-100.8
193	398	2	29	3276.9	106.7	2153.4	52.9	92.0
194	279	11	118	2523.4	89.4	2136.1	53.2	35.7
195	45	6	67	2338.4	88.6	2135.2	53.4	111.7
196	10	2	27	1457.0	87.3	2133.9	53.6	-42.3
197	444	19	195	2858.5	86.3	2132.9	53.9	123.1
198	159	20	207	2482.0	85.2	2131.8	54.2	159.2
199	1	1	17	1516.7	82.1	2128.7	53.9	-193.2
200	454	9	99	2344.3	75.2	2121.9	53.9	-15.1
201	430	6	69	3375.0	71.1	2117.7	54.1	102.9
202	70	9	97	1983.4	69.4	2116.0	54.1	43.4
203	136	17	177	1857.2	66.4	2113.1	54.1	41.8
204	404	3	39	2645.9	65.6	2112.3	54.4	71.3
205	210	3	38	2544.0	65.6	2112.2	54.7	70.7
206	53	7	77	1792.5	65.5	2112.2	55.1	147.8
207	351	20	208	2476.3	63.2	2109.9	55.3	224.8
208	254	8	88	2274.5	62.4	2109.1	55.7	100.7
209	111	14	147	2254.9	60.9	2107.6	55.9	-8.8
210	230	5	58	1872.7	60.9	2107.6	55.9	-108.6
211	565	23	239	2480.2	58.2	2104.8	56.2	107.7
212	256	8	88	2202.7	57.6	2104.2	56.6	125.2
213	341	19	198	2012.3	55.2	2101.8	56.8	150.2
214	78	10	107	1772.3	54.2	2100.8	56.8	-37.8
215	235	6	68	2040.0	52.2	2098.9	56.9	19.9
216	390	1	19	2409.5	44.3	2091.0	56.6	-146.2
217	116	15	157	2367.0	42.8	2089.4	57.0	136.7
218	406	3	39	2582.7	42.5	2089.2	57.3	55.9
219	445	8	89	2751.9	42.2	2088.8	57.6	119.2
220	523	18	189	2507.0	39.8	2086.5	57.7	8.8

221	567	23	239	2426.4	38.5	2085.2	57.9	94.6
222	534	19	199	1909.4	36.4	2083.1	58.2	39.9
223	476	12	129	2485.1	36.1	2082.8	58.1	-60.0
224	407	3	39	2850.0	34.2	2080.8	58.3	109.4
225	533	19	199	1896.6	29.5	2076.2	58.5	35.3
226	85	11	117	1611.0	29.4	2076.1	58.7	33.5
227	338	19	198	1962.0	28.1	2074.8	58.9	132.2
228	419	5	59	1854.3	24.9	2071.5	58.9	-138.2
229	400	2	29	2770.0	20.5	2067.2	59.1	21.5
230	102	13	137	1750.0	15.9	2062.6	59.4	-63.3
231	257	9	98	1866.7	11.0	2057.6	59.4	-85.0
232	297	14	148	2235.3	10.1	2056.8	59.5	29.3
233	26	2	24	1971.0	9.5	2056.1	59.7	74.6
234	535	19	199	2314.3	7.6	2054.3	59.8	-5.9
235	86	11	117	1566.7	5.6	2052.2	60.0	17.6
236	451	9	99	2212.5	4.3	2050.9	59.9	-62.4
237	68	3	36	1657.5	4.0	2050.6	60.1	-0.2
238	218	4	48	1925.8	3.0	2049.6	60.4	9.8
239	249	11	115	2315.0	1.1	2047.7	60.5	59.8
240	35	5	57	1348.2	0.1	2046.8	60.5	-49.4
241	253	8	82	2975.0	-1.7	2045.0	60.8	141.0
242	471	20	205	2025.0	-7.0	2039.6	61.0	29.8
243	561	23	239	2300.0	-7.7	2039.0	61.3	63.8
244	242	7	78	2129.0	-9.9	2036.7	61.6	115.0
245	204	2	28	1845.3	-11.5	2035.2	61.7	-7.1
246	339	19	198	1879.7	-16.2	2030.4	61.8	102.6
247	450	9	99	1989.5	-17.3	2029.3	61.8	-103.9
248	72	9	97	1733.4	-22.0	2024.6	61.7	-17.5
249	233	6	68	1902.0	-22.1	2024.6	61.8	-29.6
250	104	13	137	1615.0	-22.4	2024.3	62.0	-16.9
251	557	22	229	2056.0	-22.5	2024.1	62.4	-97.9
252	435	7	79	3230.8	-22.8	2023.9	62.7	106.4
253	562	23	239	2047.3	-26.0	2020.7	62.9	-124.1
254	74	10	107	1318.8	-26.5	2020.2	62.9	-173.3
255	544	20	209	2000.0	-33.0	2013.7	63.1	62.8
256	507	16	169	2485.7	-33.1	2013.5	63.4	161.0
257	516	17	179	2126.7	-33.4	2013.3	63.4	-53.7
258	216	3	38	2359.3	-33.8	2012.8	63.6	4.4
259	89	12	127	1948.2	-34.1	2012.6	63.5	-107.8
260	413	4	43	2444.0	-34.6	2012.1	63.8	66.6
261	403	3	39	2405.7	-34.8	2011.9	63.9	24.1
262	138	18	187	1700.0	-36.0	2010.6	63.9	-120.6
263	428	6	69	2800.0	-36.0	2010.6	64.0	31.5
264	217	4	48	1852.7	-36.4	2010.2	64.2	-16.5
265	143	18	187	1697.7	-37.2	2009.4	64.2	-121.4
266	246	7	78	1961.7	-38.3	2008.4	64.5	47.6

267	529	19	199	1844.5	-38.4	2008.2	64.6	-36.6
268	322	17	178	2196.6	-38.7	2008.0	64.6	-31.1
269	443	8	89	2600.0	-39.6	2007.0	64.8	64.7
270	206	2	28	1791.9	-40.2	2006.4	65.0	-26.3
271	229	5	58	1300.0	-40.8	2005.9	65.0	-178.0
272	109	14	147	1819.3	-43.4	2003.2	65.1	-46.2
273	477	12	129	2315.5	-44.0	2002.6	65.0	-69.2
274	508	16	169	2462.7	-45.5	2001.1	65.3	152.8
275	488	13	139	1731.0	-49.1	1997.5	65.5	-41.0
276	340	19	198	1816.1	-50.4	1996.2	65.5	79.8
277	236	6	68	1923.5	-53.1	1993.5	65.6	-85.5
278	277	11	118	1957.4	-53.8	1992.9	65.8	-109.3
279	187	8	86	911.5	-54.1	1992.6	66.0	-194.0
280	546	21	219	1853.9	-56.6	1990.1	66.2	-28.7
281	33	5	57	1452.0	-57.2	1989.5	66.2	-184.0
282	88	11	117	1450.0	-57.3	1989.4	66.3	-24.3
283	12	2	27	1250.0	-60.3	1986.4	66.4	6.8
284	475	12	129	2303.7	-61.6	1985.1	66.3	-125.1
285	161	21	217	2180.5	-62.3	1984.3	66.5	8.8
286	259	9	98	2147.5	-65.5	1981.1	66.5	-101.8
287	49	3	34	1300.0	-65.7	1980.9	66.6	60.3
288	520	17	179	2566.7	-68.1	1978.5	66.6	85.0
289	273	11	118	1925.3	-71.0	1975.6	66.7	-120.8
290	65	9	97	1598.5	-71.3	1975.3	66.6	-50.4
291	83	11	117	1081.5	-72.8	1973.8	66.6	-72.5
292	227	5	58	1623.3	-73.3	1973.3	66.6	-198.0
293	486	13	139	1543.8	-74.5	1972.2	66.8	-51.6
294	11	1	15	1356.0	-76.6	1970.1	66.5	-151.5
295	276	11	118	1911.6	-78.4	1968.2	66.6	-125.8
296	60	8	87	1461.9	-80.3	1966.3	66.8	70.1
297	385	1	19	2000.0	-80.5	1966.1	66.6	-301.6
298	548	21	219	1200.0	-83.5	1963.2	66.7	-76.6
299	270	10	108	2033.3	-86.3	1960.4	66.7	-218.8
300	128	16	167	1675.0	-87.8	1958.9	67.0	33.5
301	212	3	38	2257.7	-88.5	1958.1	67.1	-32.0
302	269	10	108	2028.0	-89.1	1957.5	67.1	-220.7
303	429	6	69	2500.0	-91.9	1954.8	67.1	-5.7
304	250	11	115	2060.0	-92.2	1954.5	67.2	-2.3
305	463	10	109	2100.5	-93.3	1953.4	67.1	-135.1
306	431	6	69	1833.0	-93.4	1953.2	67.2	-120.9
307	140	18	187	1589.0	-95.8	1950.9	67.2	-160.5
308	527	18	189	1925.0	-96.6	1950.0	67.2	-237.1
309	255	11	115	2046.0	-97.3	1949.4	67.2	-5.8
310	114	15	157	1981.5	-98.2	1948.5	67.5	42.7
311	164	21	217	1581.7	-98.9	1947.7	67.7	-86.8
312	99	13	137	1433.0	-100.0	1946.7	67.9	-140.6

313	512	16	163	3263.0	-101.1	1945.6	68.1	61.2
314	190	24	247	1397.8	-102.8	1943.9	68.0	-326.5
315	192	8	86	775.0	-104.0	1942.7	68.2	-227.3
316	484	13	133	1125.0	-105.7	1940.9	68.3	-72.4
317	416	4	43	2053.0	-107.4	1939.3	68.5	18.0
318	150	19	197	1666.5	-107.7	1939.0	68.6	-82.8
319	57	8	87	1490.5	-107.7	1938.9	68.7	42.6
320	402	3	39	2269.0	-108.4	1938.3	68.8	-25.0
321	496	14	149	3018.9	-111.3	1935.4	68.9	-27.1
322	290	13	138	1857.0	-113.4	1933.3	69.0	-77.5
323	317	16	168	2578.6	-114.2	1932.5	69.2	52.4
324	168	21	217	2018.3	-114.5	1932.1	69.3	-49.7
325	540	20	209	2093.5	-116.7	1930.0	69.5	3.0
326	156	20	207	1819.4	-120.3	1926.3	69.7	27.0
327	318	16	168	1881.5	-124.4	1922.2	69.9	4.9
328	110	14	147	1663.4	-127.4	1919.3	69.9	-102.2
329	283	12	128	1649.6	-132.0	1914.7	69.9	-260.5
330	521	18	189	2185.6	-133.2	1913.4	69.9	-106.5
331	324	17	178	2020.0	-133.7	1913.0	69.9	-94.4
332	549	21	219	1709.0	-134.6	1912.1	70.0	-80.7
333	420	5	59	1301.9	-135.3	1911.4	70.0	-249.5
334	304	14	148	1789.0	-135.7	1911.0	70.1	-59.7
335	352	20	208	2101.7	-138.5	1908.2	70.2	90.3
336	564	24	245	1409.5	-140.6	1906.0	70.1	-288.3
337	343	19	198	1545.0	-141.0	1905.6	70.2	-105.0
338	501	15	159	2949.5	-142.0	1904.7	70.5	267.6
339	551	21	219	1387.5	-142.2	1904.4	70.6	-115.7
340	189	24	247	1322.3	-143.4	1903.2	70.5	-353.6
341	311	15	158	2488.0	-145.0	1901.6	70.8	265.6
342	481	21	214	1416.5	-147.4	1899.2	70.9	-109.7
343	485	13	133	900.0	-147.6	1899.0	71.0	-100.4
344	106	14	147	1676.4	-150.5	1896.1	71.0	-149.8
345	411	4	49	1857.1	-150.7	1896.0	71.2	-10.9
346	417	5	59	390.7	-152.0	1894.6	71.1	-247.2
347	424	5	59	390.7	-152.0	1894.6	71.1	-247.2
348	203	2	28	1583.6	-152.4	1894.3	71.2	-101.0
349	13	2	27	1286.9	-154.5	1892.1	71.3	-154.3
350	460	10	109	1986.7	-154.6	1892.1	71.3	-175.9
351	177	23	231	1083.0	-155.1	1891.6	71.5	-34.5
352	296	13	138	1977.5	-155.3	1891.3	71.5	-105.5
353	345	20	208	2066.7	-157.3	1889.3	71.7	77.7
354	299	14	148	1500.0	-157.5	1889.2	71.7	-57.9
355	374	16	165	1571.0	-159.6	1887.1	71.9	22.2
356	314	16	168	1785.0	-159.7	1887.0	72.0	-18.7
357	40	2	25	1200.5	-161.6	1885.0	72.1	-157.2
358	274	11	118	1756.7	-161.8	1884.8	72.1	-181.4

359	502	15	159	2365.8	-161.9	1884.7	72.4	126.6
360	315	16	168	2018.2	-163.1	1883.5	72.5	-7.4
361	371	23	238	1773.2	-163.9	1882.7	72.7	-20.5
362	207	9	95	1261.0	-167.0	1879.7	72.6	-133.9
363	468	20	205	1575.0	-171.5	1875.1	72.7	-79.9
364	195	1	18	1234.0	-172.5	1874.1	72.6	-311.1
365	470	11	119	1580.3	-172.8	1873.9	72.6	-139.1
366	479	12	129	1959.4	-174.2	1872.5	72.6	-156.0
367	456	9	99	1881.0	-174.2	1872.5	72.5	-181.3
368	541	20	209	1666.7	-174.4	1872.3	72.6	-23.5
369	213	3	38	1530.9	-175.3	1871.4	72.7	-119.7
370	433	7	79	1904.0	-177.7	1869.0	72.9	-63.2
371	55	7	77	1500.0	-177.9	1868.7	73.1	3.0
372	147	7	74	1641.0	-179.4	1867.3	73.3	-64.3
373	320	16	168	1982.4	-182.4	1864.3	73.4	-20.2
374	61	8	87	1282.2	-183.9	1862.8	73.5	-8.2
375	125	16	167	1350.0	-185.4	1861.2	73.6	4.9
376	84	11	117	1210.3	-186.3	1860.4	73.6	-110.3
377	313	14	144	1816.5	-191.4	1855.3	73.6	-39.8
378	43	6	67	1512.5	-195.1	1851.6	73.7	-78.8
379	550	21	219	600.0	-195.2	1851.4	73.8	-151.1
380	2	1	17	1293.3	-195.8	1850.9	73.6	-378.5
381	368	22	228	1664.3	-197.6	1849.0	73.9	105.9
382	537	20	209	1850.0	-205.7	1840.9	74.0	-56.3
383	127	16	167	1350.0	-206.6	1840.1	74.1	-45.7
384	495	14	149	2500.0	-207.9	1838.7	74.1	-91.6
385	360	21	212	100.0	-209.1	1837.5	74.1	-160.3
386	415	18	184	1300.0	-214.5	1832.1	74.1	-184.6
387	31	2	24	200.0	-214.9	1831.8	74.2	-96.3
388	409	4	49	1618.6	-219.2	1827.5	74.4	-144.0
389	209	3	38	2014.0	-219.7	1826.9	74.4	-119.5
390	293	13	138	1509.7	-220.4	1826.3	74.5	-148.9
391	243	7	78	1614.4	-225.3	1821.4	74.7	-77.1
392	503	15	159	2720.4	-225.7	1820.9	74.9	211.8
393	185	8	86	1850.0	-226.1	1820.5	75.0	-8.6
394	438	7	79	1781.9	-226.7	1820.0	75.2	-73.7
395	483	13	139	1400.7	-227.0	1819.7	75.2	-159.6
396	38	5	57	1216.7	-228.1	1818.6	75.2	-233.7
397	241	7	78	1267.9	-230.6	1816.1	75.3	-32.1
398	172	22	227	1307.0	-234.1	1812.5	75.6	86.1
399	182	23	237	1461.5	-235.4	1811.2	75.8	-51.4
400	336	18	188	1704.7	-238.8	1807.8	75.8	-258.6
401	517	17	179	1903.1	-239.3	1807.3	75.8	-83.1
402	46	6	67	1729.3	-239.3	1807.3	75.9	-106.9
403	576	24	249	887.5	-242.1	1804.5	75.8	-619.5
404	358	21	218	1694.7	-242.3	1804.4	75.9	-54.7

405	41	6	67	1380.0	-243.5	1803.2	75.9	-111.1
406	141	6	66	1246.0	-244.1	1802.6	75.9	-221.3
407	179	8	85	1210.0	-245.5	1801.2	76.0	-58.1
408	556	22	223	2708.0	-248.6	1798.1	76.3	126.5
409	167	21	217	1171.4	-248.9	1797.7	76.3	-186.8
410	131	17	177	1270.2	-249.6	1797.1	76.3	-168.9
411	301	14	148	1573.9	-251.5	1795.2	76.4	-136.9
412	295	13	138	1598.2	-252.7	1793.9	76.4	-170.4
413	376	23	238	1595.3	-259.7	1787.0	76.5	-84.4
414	425	18	186	1016.5	-260.4	1786.2	76.5	-232.2
415	64	8	87	1072.0	-260.7	1785.9	76.6	-59.4
416	58	8	87	1062.5	-264.2	1782.5	76.7	-61.8
417	526	22	226	2068.0	-265.4	1781.2	77.0	-117.2
418	532	19	199	1346.7	-266.5	1780.1	77.0	-162.1
419	21	1	16	1452.5	-267.2	1779.5	76.9	-258.8
420	359	21	218	1644.4	-269.3	1777.3	76.9	-72.7
421	547	21	219	200.0	-269.7	1776.9	76.9	-200.7
422	365	22	228	1350.0	-270.2	1776.5	77.1	30.3
423	107	14	147	1345.9	-271.4	1775.3	77.1	-230.3
424	208	2	28	1360.0	-272.8	1773.9	77.2	-181.3
425	373	16	165	960.0	-273.4	1773.3	77.3	-53.7
426	25	4	47	400.0	-275.0	1771.7	77.4	-93.7
427	37	5	57	588.4	-277.7	1769.0	77.4	-234.5
428	294	13	138	1350.4	-278.6	1768.0	77.4	-187.7
429	462	10	109	1749.3	-282.4	1764.3	77.4	-261.1
430	519	17	179	956.3	-282.5	1764.2	77.4	-219.8
431	334	18	188	1623.5	-282.5	1764.1	77.4	-287.8
432	401	3	39	1685.0	-285.6	1761.0	77.5	-162.9
433	464	20	204	1114.0	-286.7	1759.9	77.5	-222.6
434	436	7	79	1601.5	-288.3	1758.4	77.7	-136.9
435	286	12	128	1343.7	-296.7	1750.0	77.7	-370.3
436	353	15	156	1158.5	-299.7	1747.0	77.9	-29.1
437	536	19	199	1283.3	-300.6	1746.0	77.9	-184.8
438	134	17	177	1172.3	-302.3	1744.4	77.9	-204.0
439	155	20	207	1760.0	-303.5	1743.1	78.0	-100.0
440	173	22	227	1175.0	-303.5	1743.1	78.2	14.8
441	123	16	167	1144.3	-304.3	1742.3	78.3	-98.7
442	180	8	85	1029.0	-307.7	1739.0	78.3	-63.0
443	453	9	99	1631.7	-308.4	1738.2	78.3	-270.8
444	27	4	47	500.0	-309.0	1737.7	78.4	-137.7
445	388	1	19	1751.9	-309.7	1736.9	78.3	-382.3
446	504	21	216	2035.5	-310.0	1736.7	78.3	-36.0
447	126	16	167	800.0	-318.9	1727.8	78.3	-84.0
448	377	24	248	729.6	-319.3	1727.4	78.3	-377.6
449	494	14	149	1928.3	-325.7	1721.0	78.3	-192.7
450	221	4	48	1304.2	-331.7	1714.9	78.4	-213.3

451	552	21	219	1137.5	-331.8	1714.9	78.4	-197.2
452	305	15	158	1975.0	-332.6	1714.1	78.6	140.5
453	149	19	197	1050.0	-333.1	1713.6	78.6	-233.0
454	69	9	97	1011.1	-337.0	1709.7	78.6	-257.3
455	183	23	231	106.0	-337.0	1709.6	78.8	-155.8
456	349	20	208	1850.0	-338.5	1708.1	78.8	1.8
457	15	2	27	938.5	-342.0	1704.6	78.9	-279.3
458	414	18	184	950.0	-342.5	1704.2	78.8	-269.9
459	130	17	177	700.0	-343.5	1703.2	78.9	-260.4
460	465	20	205	1100.0	-345.2	1701.5	78.9	-195.7
461	165	7	76	1718.0	-345.7	1700.9	79.0	-108.9
462	22	3	37	1372.2	-347.7	1698.9	79.1	-256.7
463	8	1	17	1006.4	-350.3	1696.4	78.9	-481.4
464	228	5	58	1108.3	-350.6	1696.1	78.9	-382.9
465	432	6	69	1100.0	-352.7	1694.0	79.0	-179.6
466	112	14	147	1240.0	-355.3	1691.3	78.9	-254.1
467	446	8	89	2011.3	-356.5	1690.1	79.0	-146.6
468	330	18	188	1471.2	-364.5	1682.2	79.0	-342.4
469	63	8	87	781.5	-366.9	1679.7	79.0	-130.2
470	56	7	77	483.4	-367.3	1679.4	79.1	-123.2
471	539	20	209	1378.2	-367.7	1678.9	79.2	-160.3
472	71	9	97	951.0	-369.4	1677.3	79.1	-278.9
473	93	12	127	700.8	-369.9	1676.7	79.1	-419.1
474	244	7	78	500.0	-373.6	1673.0	79.2	-127.5
475	52	7	77	803.3	-375.1	1671.6	79.3	-140.1
476	66	9	97	937.0	-376.9	1669.8	79.3	-283.9
477	160	20	207	1617.7	-380.2	1666.5	79.3	-151.0
478	478	12	129	1711.4	-380.4	1666.2	79.3	-337.7
479	239	6	68	1019.7	-385.4	1661.3	79.3	-201.4
480	492	14	149	1817.3	-385.5	1661.2	79.3	-232.6
481	175	22	227	1022.2	-387.4	1659.2	79.5	-16.1
482	54	7	71	100.0	-388.9	1657.7	79.5	-137.7
483	447	8	89	1937.6	-396.2	1650.4	79.6	-173.1
484	247	7	78	1064.6	-399.1	1647.6	79.6	-144.4
485	367	22	228	1583.3	-401.2	1645.5	79.8	24.8
486	174	22	227	800.0	-407.7	1638.9	80.0	20.4
487	122	16	167	947.3	-410.4	1636.3	80.0	-169.4
488	363	22	228	960.5	-412.5	1634.1	80.1	-64.6
489	559	22	229	1544.8	-416.8	1629.9	80.3	-235.7
490	220	4	48	1283.5	-416.8	1629.8	80.4	-188.3
491	154	20	207	1545.3	-419.1	1627.6	80.4	-177.0
492	245	7	78	1254.0	-419.3	1627.4	80.4	-206.4
493	224	4	48	1275.0	-419.9	1626.7	80.5	-190.4
494	39	5	57	453.8	-422.1	1624.5	80.5	-427.3
495	342	19	198	1123.9	-423.1	1623.6	80.5	-168.6
496	408	3	39	1683.7	-423.5	1623.2	80.6	-235.1

497	118	15	157	1216.7	-423.9	1622.7	80.8	-89.8
498	555	22	229	2000.0	-426.6	1620.0	80.9	7.8
499	375	23	238	1283.3	-427.7	1619.0	81.0	-196.3
500	300	14	148	819.4	-429.5	1617.1	81.0	-239.3
501	50	7	77	431.7	-432.0	1614.7	81.0	-183.9
502	515	17	179	1541.7	-433.9	1612.8	81.0	-212.8
503	151	7	74	930.0	-439.3	1607.3	81.0	-237.6
504	370	16	165	614.5	-439.5	1607.2	81.1	-194.3
505	44	6	67	829.8	-444.7	1602.0	81.1	-245.2
506	482	13	139	493.9	-458.3	1588.4	81.2	-307.4
507	59	8	87	525.0	-460.7	1586.0	81.2	-192.8
508	467	11	119	1110.0	-463.9	1582.8	81.2	-294.3
509	524	22	226	1520.0	-465.8	1580.9	81.3	-250.7
510	510	16	169	1678.7	-467.6	1579.1	81.4	-128.6
511	178	23	237	941.0	-477.9	1568.8	81.5	-225.3
512	440	7	79	1081.1	-478.5	1568.1	81.5	-263.7
513	309	15	158	1571.5	-480.1	1566.6	81.7	42.2
514	337	19	198	1015.6	-481.4	1565.2	81.7	-207.5
515	350	20	208	1458.3	-484.8	1561.8	81.7	-140.6
516	553	22	229	1671.4	-487.8	1558.8	81.8	-33.0
517	251	8	88	1175.5	-495.4	1551.2	81.8	-243.5
518	361	22	228	732.2	-496.0	1550.6	81.9	-120.3
519	326	17	178	1150.1	-496.0	1550.6	81.9	-362.1
520	542	20	209	575.0	-508.1	1538.5	81.9	-246.0
521	498	15	159	1312.5	-509.0	1537.6	82.1	-168.7
522	310	15	158	1378.3	-509.5	1537.1	82.2	-159.5
523	509	16	169	1593.0	-513.7	1532.9	82.2	-159.4
524	113	15	157	900.0	-514.2	1532.5	82.4	19.5
525	124	16	167	441.5	-517.6	1529.1	82.4	-216.5
526	364	22	222	1200.0	-523.3	1523.4	82.4	-56.6
527	347	20	208	1375.0	-529.7	1517.0	82.4	-170.5
528	531	19	199	500.0	-529.9	1516.7	82.4	-364.3
529	202	2	28	401.5	-532.5	1514.1	82.5	-308.0
530	219	4	48	966.5	-532.7	1514.0	82.6	-265.5
531	157	20	207	1050.0	-534.4	1512.3	82.6	-263.5
532	538	20	209	1056.7	-540.8	1505.8	82.5	-275.7
533	115	15	157	994.3	-543.6	1503.0	82.6	-169.6
534	119	15	157	994.3	-543.6	1503.0	82.8	-169.6
535	511	16	169	1430.0	-544.3	1502.3	82.7	-234.3
536	369	23	238	1062.9	-546.3	1500.3	82.9	-275.4
537	29	4	47	685.6	-548.7	1497.9	82.9	-290.4
538	344	19	198	418.8	-552.7	1493.9	83.0	-379.5
539	97	13	137	371.0	-557.4	1489.3	83.0	-373.5
540	469	11	119	933.3	-559.0	1487.7	83.0	-357.7
541	354	21	218	1098.3	-563.3	1483.3	83.0	-268.7
542	82	11	117	250.0	-565.9	1480.8	83.1	-344.4

543	170	22	227	433.4	-573.9	1472.7	83.1	-90.4
544	169	22	227	651.1	-587.2	1459.4	83.2	-149.3
545	366	22	228	913.3	-601.9	1444.7	83.2	-163.6
546	238	6	68	822.4	-603.3	1443.3	83.2	-417.1
547	302	14	148	919.3	-603.8	1442.8	83.2	-371.8
548	28	4	47	579.3	-605.9	1440.7	83.3	-328.6
549	117	15	151	450.0	-606.3	1440.4	83.4	-42.0
550	306	15	158	1352.7	-611.5	1435.2	83.5	-166.8
551	319	16	168	1183.3	-612.6	1434.1	83.5	-307.0
552	51	7	77	322.2	-634.1	1412.6	83.5	-312.8
553	356	21	218	965.0	-635.1	1411.6	83.5	-316.6
554	129	17	177	548.9	-637.9	1408.7	83.5	-427.7
555	362	22	228	330.0	-643.0	1403.6	83.5	-218.3
556	62	8	87	400.0	-652.0	1394.6	83.6	-311.0
557	560	22	229	750.0	-659.4	1387.2	83.6	-147.4
558	252	8	88	340.4	-685.0	1361.7	83.6	-314.5
559	439	7	79	608.4	-692.8	1353.8	83.6	-340.3
560	176	22	227	93.9	-698.0	1348.6	83.6	-173.1
561	513	17	179	1019.3	-715.1	1331.6	83.6	-400.3
562	448	8	89	1044.6	-721.1	1325.6	83.6	-338.6
563	308	15	158	875.0	-734.7	1312.0	83.7	-127.6
564	171	22	227	358.9	-744.5	1302.1	83.7	-254.2
565	500	15	159	502.8	-761.3	1285.4	83.7	-145.3
566	397	2	29	1654.0	-767.0	1279.6	83.8	-490.5
567	346	20	208	866.7	-803.4	1243.3	83.8	-353.0
568	499	15	159	1108.3	-838.9	1207.8	83.8	-324.7
569	321	17	178	653.3	-869.5	1177.2	83.8	-584.9
570	312	15	158	457.3	-887.4	1159.3	83.9	-229.4

**APÊNDICE B – PROJEÇÃO DE BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA CACAUCULTURA EM SAF
CONSORCIADA COM ESSÊNCIAS FLORESTAIS, COM CICLO DE 20 ANOS – CENÁRIO PESSIMISTA**

Período	Benefícios Socioeconômico SAF de cacau, banana (provisória) e árvores perenes (essências florestais)						Benefícios Ambientais (Serviços ambientais)		Benefícios Socioeconômicos e Ambientais			
	Cacau		Banana		Madeira		Total	Custo e Desp. Operacional		Lucro Operacional	Crédito Carbono	
	Quant. (kg)	Total (R\$)	Quant. (kg)	Total (R\$)	Quant. (m³)	Total (R\$)					Quant. (MgCeq)	Total (R\$)
Ano 1	-	0,00	-					3.300,55	-3.300,55	52,04	1.493,55	-1.807,00
Ano 2	-	0,00	13.000,00	13.000,00			13.000,00	5.255,08	7.744,92	52,04	1.493,55	9.238,47
Ano 3	425,00	2.792,25	13.000,00	13.000,00			15.792,25	6.181,22	9.611,03	52,04	1.493,55	11.104,58
Ano 4	566,67	3.723,00	13.000,00	13.000,00			16.723,00	6.266,62	10.456,38	52,04	1.493,55	11.949,93
Ano 5	850,00	5.584,50	13.000,00	13.000,00			18.584,50	6.832,26	11.752,24	52,04	1.493,55	13.245,79
Ano 6	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.602,77	4.566,23	52,04	1.493,55	6.059,78
Ano 7	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.442,71	4.726,29	52,04	1.493,55	6.219,84
Ano 8	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.282,65	4.886,35	52,04	1.493,55	6.379,90
Ano 9	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 10	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 11	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 12	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 13	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 14	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 15	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 16	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 17	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 18	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 19	1.700,00	11.169,00					11.169,00	6.122,58	5.046,42	52,04	1.493,55	6.539,96
Ano 20	1.700,00	11.169,00			66,00	5.722,20	16.891,20	6.122,58	10.768,62	52,04	1.493,55	12.262,16
Total	27.341,67	179.634,75	52.000,00	52.000,00	66,00	5.722,20	237.356,95	120.634,87	116.722,08	1.040,80	29.870,96	146.593,04

**APÊNDICE C – PROJEÇÃO DE BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA CACAUCULTURA EM SAF
CONSORCIADA COM ESSÊNCIAS FLORESTAIS, COM CICLO DE 20 ANOS – CENÁRIO OTIMISTA**

Período	Benefícios Socioeconômico SAF de cacau, banana (provisória) e árvores perenes (essências florestais)						Benefícios Ambientais (Serviços ambientais)		Benefícios Socioeconômicos e Ambientais			
	Cacau		Banana		Madeira		Total	Custo e Desp. Operacional		Lucro Operacional	Crédito Carbono	
	Quant. (kg)	Total (R\$)	Quant. (kg)	Total (R\$)	Quant. (m³)	Total (R\$)					Quant. (MgCeq)	Total (R\$)
Ano 1	-	0,00	-					3.300,55	-3.300,55	52,04	1.493,55	-1.807,00
Ano 2	-	0,00	13.000,00	13.000,00			13.000,00	5.255,08	7.744,92	52,04	1.493,55	9.238,47
Ano 3	425,00	8.376,75	13.000,00	13.000,00			21.376,75	6.181,22	15.195,53	52,04	1.493,55	16.689,08
Ano 4	566,67	11.169,00	13.000,00	13.000,00			24.169,00	6.266,62	17.902,38	52,04	1.493,55	19.395,93
Ano 5	850,00	16.753,50	13.000,00	13.000,00			29.753,50	6.832,26	22.921,24	52,04	1.493,55	24.414,79
Ano 6	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.602,77	26.904,23	52,04	1.493,55	28.397,78
Ano 7	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.442,71	27.064,29	52,04	1.493,55	28.557,84
Ano 8	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.282,65	27.224,35	52,04	1.493,55	28.717,90
Ano 9	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 10	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 11	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 12	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 13	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 14	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 15	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 16	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 17	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 18	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 19	1.700,00	33.507,00					33.507,00	6.122,58	27.384,42	52,04	1.493,55	28.877,96
Ano 20	1.700,00	33.507,00			66,00	5.722,20	39.229,20	6.122,58	33.106,62	52,04	1.493,55	34.600,16
Total	27.341,67	538.904,25	52.000,00	52.000,00	66,00	5.722,20	596.626,45	120.634,87	475.991,58	1.040,80	29.870,96	505.862,54

APÊNDICE D – DEMONSTRATIVO DE FLUXO DE CAIXA DO SAF DURANTE 20 ANOS – CENÁRIO PESSIMISTA

PERÍODO	SALDO INICIAL	ENTRADAS (+)	Venda de Cacau	Venda de Banana	Venda de Madeira	Venda de Crédito Carbono	SAÍDA (-)	Invest.	MOD	Insum.	Transp.	Ass. Téc.	Pag. de Emprést.	SALDO DE CAIXA
Ano 1	15.000,00	1.493,55				1.493,55	12.416,55	9.116,00	1.540,00	557,55	287,68	115,01	800,31	4.077,00
Ano 2	4.077,00	14.493,55		13.000,00		1.493,55	5.255,08		3.500,00	867,30	43,37	44,11	800,31	13.315,46
Ano 3	13.315,46	17.285,80	2.792,25	13.000,00		1.493,55	6.181,22		4.130,00	1.140,60	57,03	53,28	800,31	24.420,05
Ano 4	24.420,05	18.216,55	3.723,00	13.000,00		1.493,55	9.266,62		4.270,00	1.087,80	54,39	54,12	3.800,31	33.369,97
Ano 5	33.369,97	20.078,05	5.584,50	13.000,00		1.493,55	9.832,26		4.900,00	1.172,10	58,61	61,31	3.640,25	43.615,76
Ano 6	43.615,76	12.662,55	11.169,00			1.493,55	9.602,77		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.480,19	46.675,54
Ano 7	46.675,54	12.662,55	11.169,00			1.493,55	9.442,71		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.320,12	49.895,38
Ano 8	49.895,38	12.662,55	11.169,00			1.493,55	9.282,65		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.160,06	53.275,28
Ano 9	53.275,28	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		59.815,24
Ano 10	59.815,24	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		66.355,20
Ano 11	66.355,20	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		72.895,17
Ano 12	72.895,17	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		79.435,13
Ano 13	79.435,13	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		85.975,09
Ano 14	85.975,09	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		92.515,06
Ano 15	92.515,06	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		99.055,02
Ano 16	99.055,02	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		105.594,98
Ano 17	105.594,98	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		112.134,95
Ano 18	112.134,95	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		118.674,91
Ano 19	118.674,91	12.662,55	11.169,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		125.214,87
Ano 20	125.214,87	18.384,75	11.169,00		5.722,20	1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		137.477,04
Total Geral		267.227,91	179.634,75	52.000,00	5.722,20	29.870,96	144.750,87	9.116,00	90.790,00	22.424,85	1.381,04	1.237,12	19.801,86	

APÊNDICE E – DEMONSTRATIVO DE FLUXO DE CAIXA DO SAF DURANTE 20 ANOS – CENÁRIO OTIMISTA

PERÍODO	SALDO INICIAL	ENTRADAS (+)	Venda de Cacau	Venda de Banana	Venda de Madeira	Venda de C	SAÍDA (-)	Invest.	MOD	Insum.	Transp.	Ass. Téc.	Pag. de Emprést.	SALDO DE CAIXA
Ano 1	15.000,00	1.493,55				1.493,55	12.416,55	9.116,00	1.540,00	557,55	287,68	115,01	800,31	4.077,00
Ano 2	4.077,00	14.493,55		13.000,00		1.493,55	5.255,08		3.500,00	867,30	43,37	44,11	800,31	13.315,46
Ano 3	13.315,46	22.870,30	8.376,75	13.000,00		1.493,55	6.181,22		4.130,00	1.140,60	57,03	53,28	800,31	30.004,55
Ano 4	30.004,55	25.662,55	11.169,00	13.000,00		1.493,55	9.266,62		4.270,00	1.087,80	54,39	54,12	3.800,31	46.400,47
Ano 5	46.400,47	31.247,05	16.753,50	13.000,00		1.493,55	9.832,26		4.900,00	1.172,10	58,61	61,31	3.640,25	67.815,26
Ano 6	67.815,26	35.000,55	33.507,00			1.493,55	9.602,77		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.480,19	93.213,04
Ano 7	93.213,04	35.000,55	33.507,00			1.493,55	9.442,71		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.320,12	118.770,88
Ano 8	118.770,88	35.000,55	33.507,00			1.493,55	9.282,65		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62	3.160,06	144.488,78
Ano 9	144.488,78	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		173.366,74
Ano 10	173.366,74	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		202.244,70
Ano 11	202.244,70	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		231.122,67
Ano 12	231.122,67	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		260.000,63
Ano 13	260.000,63	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		288.878,59
Ano 14	288.878,59	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		317.756,56
Ano 15	317.756,56	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		346.634,52
Ano 16	346.634,52	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		375.512,48
Ano 17	375.512,48	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		404.390,45
Ano 18	404.390,45	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		433.268,41
Ano 19	433.268,41	35.000,55	33.507,00			1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		462.146,37
Ano 20	462.146,37	40.722,75	33.507,00		5.722,20	1.493,55	6.122,58		4.830,00	1.173,30	58,67	60,62		496.746,54
Total Geral		626.497,41	538.904,25	52.000,00	5.722,20	29.870,96	144.750,87	9.116,00	90.790,00	22.424,85	1.381,04	1.237,12	19.801,86	