

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE CARBONO NO SOLO COMO  
SERVIÇO ECOSISTÊMICO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS  
BASEADO EM CACAUEIROS

**LAÍNE IGNÁCIO HESPANHOL**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
AGOSTO - 2020

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE CARBONO NO SOLO COMO  
SERVIÇO ECOSSISTÊMICO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS  
BASEADO EM CACAUEIROS

**LAÍNE IGNÁCIO HESPANHOL**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, com ênfase em Solos e Nutrição de Plantas

Orientadora: Prof(a). Dra. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

AGOSTO – 2020

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

H585 Hespanhol, Laíne Ignácio.

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE CARBONO NO SOLO COMO SERVIÇO ECOSISTÊMICO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS BASEADO EM CACAUEIROS / Laíne Ignácio Hespanhol. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

48 f. : il.

Bibliografia: 36 - 42.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2020.

Orientadora: Emanuela Forestieri da Gama Rodrigues.

1. Agricultura de baixo carbono. 2. mecanismo de desenvolvimento limpo. 3. economia verde. 4. crédito de carbono. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE CARBONO NO SOLO COMO  
SERVIÇO ECOSISTÊMICO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS  
BASEADO EM CACAUEIROS

**LAÍNE IGNÁCIO HESPANHOL**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, com ênfase em Solos e Nutrição de Plantas

Aprovada em 02 de setembro de 2020

Comissão Examinadora



---

Dr. Manfred Willy Müller (Ph.D., Fisiologia Vegetal) – CEPLAC



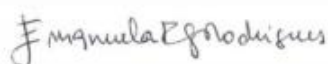
---

Prof. Antonio Carlos da Gama-Rodrigues (D.Sc., Solos e Nutrição de plantas) –  
UENF



---

Prof. Jaime Honorato Júnior (D.Sc., Fitopatologia) - UFOB



---

Profª. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues (Ph.D., Ciência do Solo) – UENF  
(Orientadora)

*“Os obstáculos são ensinamentos para o seu espírito.”*

*Santa Rita*

*“Nossos imprevistos já são previstos por Deus.”*

## **DEDICO**

Ao Criador;  
Aos meus pais Jamil e Elzeli;  
Ao meu irmão Lucas e aos meus avós;  
À minha irmã do coração Jaomara;  
A Casa de Formação Divina Misericórdia;  
A eles, com carinho, dedico esse trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao Grande amor da minha vida, que És o sentido de tudo que faço e vivo, Deus. Minha gratidão também a Maria, minha Mãezinha e melhor amiga, que sempre intercede por mim. E, a todos os meus amigos do céu!

Aos meus pais, que foram essenciais em minha vida acadêmica, e mais ainda na construção da pessoa que eu sou, sendo sempre meu porto seguro e minha referência. E, também ao meu irmão, que sempre está ao meu lado, em todas as minhas escolhas, dando apoio, incentivo e sendo um grande amigo. Também aos meus avós por todo apoio, amor e carinho. Minha eterna gratidão a toda minha família! Amo vocês!

À minha Orientadora, Dra. Emanuela, por todo aprendizado que me concedeu durante esse tempo e por toda paciência que teve comigo. Obrigada ainda por transmitir sempre amor e entusiasmo naquilo que faz, levarei isso sempre comigo!

Ao professor Antonio Carlos, ao Manfred Willy Müller e ao professor Jaime Honorato Júnior por aceitarem fazer parte da banca;

Ao professor Marcus Vinícius Sales por me ajudar com a metodologia desse trabalho;

A UENF e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e ter me proporcionado ensinamentos para minha formação;

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior);

A CEPLAC por todos os dados e informações concedidos para a realização desse trabalho;

À minha “sister”, Dra. Jao, por me ajudar na economia e na vida, com seus conselhos e orações, sendo minha fiel intercessora. Também agradeço à minha caçulinha Paloma, por sempre nos proporcionar uma ambiente leve, mais alegre e fazer da nossa república uma família. E, tem também a quarta “integrante” da nossa amada república, minha amiga Tete, Dra. Gabi. A vocês agradeço por tudo, pelos longos cafés fraternos da sexta, por tantos momentos de descontrações, pela amizade, pelo carinho e companheirismo!

À minha amiga que sempre dividiu comigo o amor pelas águas e pelas matas, pelo meio ambiente, Livia Pita, gratidão por tudo!

Aos amigos que Campos me presenteou, aos amigos da paróquia Sagrado Coração de Jesus, aos Anjos da Noite e a Pequena Via. Por todos os laços feitos, pelo apoio e carinho!

A todos da casa de formação Divina Misericórdia, por todo apoio, compreensão, cuidado e orações durante essa reta final do mestrado. “Como é bom viver em comunidade”!

A todos do LSOL 126, pelas contribuições, pela paciência e gentilezas durante esse dois anos;

Ao meu colega de solo Wesley, por todas as disciplinas que fizemos juntos e por dividir as dificuldades da vida de pós-graduando;

A Ruth Abreu, pela doce companhia de alguns finais de semana e feriados no laboratório, por todo crescimento científico que me proporcionou. E, pelo cuscuz que levava para nossos cafés da manhã.

Muito Obrigada a todos!



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Sistemas Agroflorestais.....	4
2.2. Serviços Ecossistêmicos.....	6
2.4. Efeito estufa e as Mudanças Climáticas.....	9
2.5. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e o Protocolo de Quioto .....	11
2.6. O mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os créditos de carbono..	12
2.7. Mercado de baixo carbono no Brasil.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. Área experimental .....	17
3.2.Dados utilizados.....	17
3.3 Etapas para a valoração econômica .....	19
3.3.1. Fluxo de caixa e taxa de desconto.....	19
3.3.2. Custos .....	19
3.3.3. Receitas .....	20
3.3.4. Valor Presente Líquido – VPL.....	20

3.3.5. Taxa Interna de Retorno – TIR.....	21
3.3.6. Valor Anual Equivalente - VAE.....	21
3.3.7. Razão Benefício-Custo (B/C).....	21
3.3.8. Análise de sensibilidade.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1. Fluxo de caixa Acumulado .....	23
4.2. VPL, TIR, VAE e B/C .....	27
4.3. Análise de sensibilidade.....	31
5. CONCLUSÃO .....	35
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
APÊNDICE.....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Valor econômico Ambiental .....	8
Figura 2. Ciclo global do carbono com estoques (em Pg C = 1015 g C) nos diferentes compartimentos da Terra e fluxos de carbono (em Pg C ano-1).....	9
Figura 3. Ciclo do MDL .....	14

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados de estoque de carbono no solo.....	18
Tabela 2 CO2 equivalente/ano dos Sistemas Agroflorestais. ....	18
Tabela 3. Fluxos de Caixa Acumulado (em R\$) Sem e Com a inclusão de CER's obtidos nos SAFS baseados em Cacaueiros (modelo Cabruca), Cacaueiros com eritrina e Cacaueiros com seringueira em 1 hectare.....	26
Tabela 4. Índices de viabilidade do sistema agroflorestal baseado em cacaueiros (cabruca), Cacaueiros com eritrina, Cacaueiros com seringueiras, sem os créditos de carbono e com os créditos de carbono. ....	31
Tabela 5. Diminuição no VPL e TIR no sistema decorrente de variação desfavorável de 10% (elevando itens de custo e reduzindo o preço do produto; e o preço do credito do carbono) no SAFs baseado em Cacaueiros (cabruca), Cacaueiros com eritrinas e Cacaueiros com Seringueiras.....	34

## LISTA DE SIGLAS

AND – Autoridade Nacional Designada

B/C – Relação Benefício /Custo

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura de Cacau

CIMGC – Comissão Internacional de Mudança Global do Clima

COP – Conferência das Partes

CQNUMC – Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

EOD – Entidade Operacional Designada

FBN – Fixação Biológica do Nitrogênio

GEE – Gases do efeito estufa

ICCO – International Cocoa Organization

iLPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

PGCA – Política de Governança Climática da Agropecuária

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

SAFs – Sistemas Agroflorestais

SPD – Sistema Plantio Direto

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

VAE – Valor Anual Equivalente

VPL – Valor Presente Líquido

## RESUMO

Hespanhol, Laíne Ignácio. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Setembro de 2020. Título: Valoração Econômica de Carbono no Solo como Serviço Ecossistêmico em Sistemas Agroflorestais Baseado em Cacaueiros. Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

Considerando a possibilidade dos Certificados de Emissões Reduzidas (CER's) gerados pelos Sistemas Agroflorestais (SAFs) serem elegíveis perante o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o presente trabalho teve como objetivos: valorar o serviço ecossistêmico de estoque de carbono no solo, estimar o custo de produção e o lucro de lavouras de SAFs baseado em cacaueiros (SAFs-cacau) com e sem o valor agregado do estoque de C no solo, e por fim analisar a rentabilidade de um sistema agroflorestal baseado em cacaueiros sem e com crédito de carbono. Para isso, utilizou-se os resultados de estoque de C no solo até 40 cm de profundidade, em diferentes modelos de SAFs-cacau (cacaucabruca, cacau-eritrina e cacau-seringueira) da Fazenda Porto Seguro, localizada no Município de Uruçuca, no Sul do Estado da Bahia, Brasil, considerando-se os dados de estoque de carbono obtidos por Monroe et al. (2016). Os critérios de avaliação econômica utilizados foram: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Anual Equivalente (VAE) e Relação Benefício/Custo (B/C). Pelos critérios econômicos utilizados, verificou-se que os SAFs-cacau apresentados nesse trabalho são viáveis, e com a inclusão dos créditos de carbonos obtém-se um aumento considerável da viabilidade desses projetos. Sem considerar o CER, os modelos cacau-cabruca e cacau-eritrina apresentaram maior viabilidade do que o sistema cacau-seringueira. Porém, ao se considerar o CER, o sistema que apresentou maior viabilidade foi o cacau-seringueira. Concluiu-se assim que a capacidade de estocar carbono e gerar CER's tornam os SAFs cacau uma opção de projeto de MDL.

**Palavras-chave:** Agricultura de baixo carbono, mecanismo de desenvolvimento limpo, economia verde, crédito de carbono.

## ABSTRACT

Hespanhol, Laíne Ignácio. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). September, 2020. Title: Economic Valuation of Ecosystem Service in Cocoa-Based Agroforestry Systems. Advisor: Prof.<sup>a</sup> Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

By the possibility of the Certified Emission Reduction (CER's) generated by Agroforestry Systems (SAFs) to be qualified under the Clean Development Mechanism (CDM), the present work had as objectives Valuing the ecosystem service of carbon stock in the soil, estimating the cost of production and profit of an SAF crop based on cocoa trees with and without the added value of the C stock in the soil only, analyze the profitability of an agroforestry system based on cocoa trees with and without carbon credit. For this, we use the results of C stock in the soil up to 40 cm deep, in different Agroforestry Systems based on cacao trees from Fazenda Porto Seguro, located in the Uruçuca county, South of the Bahia State, Brazil, considering the carbon stock data used by Monroe et al. (2016). The economic evaluation criteria used were: Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Equivalent Annual Value (VAE) and Cost Benefit Ratio (B/C). By the criteria used, it was found that the Agroforestry Systems based on Cocoa trees, in this work are viable, and with the inclusion of the carbon credits obtained a mitigating increase in the viability of these projects. Without considering CER's, the systems in cacao trees over the cabruca system and cacao trees with erythrin are more viable than the system based on cacao trees with rubber trees, but when considering CER's, the system presents viability for cacao trees-rubber trees. It was concluded that the ability to store carbon and generate CER's becomes cocoa systems an option for CDM project.

Keywords: Low carbon agriculture, clean development mechanism, green economy, carbon credit.



## 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um bioma importante do ponto de vista econômico, social e ambiental, mas vem sendo extinguida por causa das atividades como: a exploração madeireira, a expansão urbana, industrial e agropecuária (Lagos; Muller, 2007). Sendo assim considerado um dos biomas mais ameaçados no mundo (Myers et al., 2000). Uma alternativa para abrandar o desmatamento deste bioma é a valorização da floresta, por meio da obtenção de créditos de carbono (Amaro et al., 2013).

Uma das maiores concentrações de remanescentes da Mata Atlântica do Nordeste do Brasil é o Sudeste da Bahia (Landau, 2003; Sambuichi e Haridasan, 2007), onde grande parte encontram-se diferentes modelos de SAFs-cacau: cacau-cabruca, cacau-eritrina (*Erythrina spp*) e, cacau-seringueira (*Hevea brasiliensis L.*) como árvores de sombra (Muller; Gama-Rodrigues, 2012).

Segundo a Organização Internacional do Cacau (ICCO), o Brasil é o 7º maior exportador de cacau do mundo, e 90% da produção nacional está concentrada nos estados da Bahia e do Pará. Em setembro de 2019, o País foi reconhecido pela mesma organização como País exportador de 100% de cacau fino e de aroma (ICCO, 2020).

A cultura do cacau se assemelha a uma floresta natural, principalmente no que se refere à proteção dos solos, considerando que ele libera grande quantidade de resíduos vegetais (Alvim, 1989). Com isso, passa a ser um ótimo exemplo para abordagem dos SAF's, já que é uma espécie tolerante a sombra e

permite seu cultivo associado com variadas espécies (Muller; Gama-Rodrigues, 2012).

Os SAFs-cacau são reconhecidos como uma alternativa para mitigar os impactos nas mudanças climáticas (Kirsch e Schneider, 2016). Esses sistemas oferecem uma série de serviços ecossistêmicos, dentre eles o estoque de carbono, atualmente de grande relevância, para as necessidades de adaptação e mitigação das mudanças climáticas (Somarriba et al., 2013). Considerando assim, que as mudanças nos regimes climáticos afetam a segurança alimentar e a produção de alimentos, afetando direta e indiretamente a agricultura. Nesse sentido, os SAFs-cacau desempenham um papel importante na captura de carbono (C) acima e abaixo do solo, por meio de deposição contínua de resíduos vegetais (Gama-Rodrigues, 2011). O potencial de estoque de carbono varia de acordo com a composição e idade das espécies, e também o seu manejo (Jose, 2009).

O sequestro de carbono, tem importância para mitigar e reduzir as quantidades de carbono atmosférico, um dos causadores do efeito estufa. Os SAFs são capazes de contribuir para a mitigação de gases do efeito estufa e os agricultores podem vir a receber benefícios pelos serviços ecossistêmicos prestados, uma vez que conservam e desenvolvem sistemas produtivos responsáveis pela captura e armazenamento de carbono (Rodrigues et al., 2007).

Com o objetivo de minimizar a emissão dos gases causadores do efeito estufa e os seus efeitos sobre o clima, foi aprovado pela Organização das Nações Unidas - ONU, em 1997, o Protocolo de Quioto, o qual entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005. Este Protocolo determina que os países de economia desenvolvida (países do Anexo I) deverão adotar medidas de redução das emissões de GEE para um nível 5,2% inferior ao registrado em 1990.

O Protocolo de Quioto previu também a utilização de mecanismos de flexibilização, de forma a facilitar o atendimento aos compromissos assumidos por esses países. Entre esses mecanismos, destaca-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permite aos países desenvolvidos compensarem suas emissões, por meio de financiamentos de projetos ambientais sediados em países em desenvolvimento (Cotta et al., 2008).

O MDL ajuda os países desenvolvidos a cumprir as metas de redução das emissões e auxilia os países em desenvolvimento na implementação de

tecnologias de preservação ambiental. Podendo ser utilizado para atividades de redução e remoção de GEEs que envolvam, por exemplo, o uso da terra e florestas. Os projetos implementados pelos países em desenvolvimento geram créditos de carbono e podem ser comercializados no mercado (Fronzizi, 2009).

Nesse contexto, Wise e Cacho (2005) apontam que os SAFs podem servir para gerar Certificados de Emissões Reduzidas (CER's) para serem negociados no mercado de créditos de carbono. Sendo assim uma possibilidade de agregar valor ao carbono estocado e ser mais uma fonte de lucro para o produtor.

Durante a condução e manejo das espécies em SAFs verifica-se uma série de etapas fundamentais, que tornam a análise financeira desta atividade complexa, pois envolve uma combinação de variáveis técnicas e custos, informações muitas vezes dificilmente disponíveis (Bentes-Gama et al., 2005). A análise econômica de grande importância para o produtor rural, proporcionando um melhor conhecimento dos custos e receitas (Varela e Santana, 2009).

Assim, este trabalho parte do pressuposto que a implantação SAFs-cacau incluindo a geração de créditos de carbono pode ser uma boa alternativa para os produtores. Considera-se que o uso de terra permitirá a manutenção da produção através do tempo, com vantagens adicionais de promover maior proteção do solo em decorrência da produção de resíduos vegetais e sua transformação via decomposição, produzindo C e nutrientes para o sistema e, conseqüentemente, contribuição para a redução de gases de efeito estufa (GEE) da atmosfera. Nesta pressuposição, a possibilidade de agregar as receitas provenientes dos créditos de carbono ao SAF é considerada um atrativo para a adoção da atividade.

Essa perspectiva do mercado de credito de carbono merece a devida atenção, pois é uma iniciativa de reduzir problemas ligados às mudanças climáticas, que envolvem perdas e ganhos, econômicos e sociais. A alteração do padrão de pensamento ecológico e de desenvolvimento de todo o planeta, depende das estratégias que são adotadas em cada país. Nesse sentido, é necessário que se conheça os possíveis ganhos econômicos no mercado de carbono. Diante desta relevância, a presente pesquisa teve como objetivos:

1. Valorar o serviço ecossistêmico de estoque de carbono no solo;
2. Estimar o custo de produção e o lucro de lavouras de SAFs-cacau com e sem valor agregado do estoque de C no solo;
3. Analisar a rentabilidade de SAFs-cacau sem e com crédito de carbono.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Sistemas Agroflorestais

Os SAFs são conhecidos como os modelos de exploração de solos que mais se aproximam no sentido ecológico das florestas naturais. Sendo assim reconhecido como importante alternativa de uso sustentável do ecossistema (Almeida et al, 1995).

A importância dos SAFs fica ainda mais evidente quando é constatada a existência de enormes áreas improdutivas em consequência da degradação resultante da prática do cultivo itinerante, uma modalidade de exploração não sustentável dos solos (Muller e Gama-Rodrigues, 2012).

Os SAFs também têm como característica a prestação de serviço ecossistêmico, pois este nada mais é que a valorização econômica do uso dos benefícios ambientais que um sistema pode trazer (Andrade e Romeiro, 2009). A prática de manejo, os tipos e quantidades de espécies (da plantação e da árvore de sombra), que favorece o aporte de resíduos vegetais, adotada nos SAFs tem potencial para mitigar e reduzir as quantidades de carbono atmosférico, sequestrando o carbono e mantendo ele o maior tempo possível na biomassa e no solo (Montagnini e Nair, 2004; Cotta et al., 2008; Gama-Rodrigues et al., 2010).

Segundo Montagnini e Nair (2004), os Sistemas Agroflorestais assumem assim um papel importante no âmbito ambiental, pois são considerados pelo MDL

como oportunidade econômica no comércio de carbono para os produtores de países em desenvolvimento.

De acordo com Cardoso (2019), no estado da Bahia, os principais modelos de produção são SAFs cacau-cabruca e cacau-seringueira. A Cabruca é um sistema produtivo de base agroecológica que permite simultaneamente a preservação do bioma da Mata Atlântica e a produção agrícola. Enquanto o SAF cacau-seringueira consiste em uma produção agrícola que também é realizada de maneira consorciada a árvores e arbustos, no entanto, de uma forma planejada. O que o diferencia do modelo Cabruca é que além de ser implantado de maneira planejada, com linhas e espaçamentos predeterminados, considera-se que as culturas consorciadas também sejam fontes de receita – neste caso é a seringueira, uma alternativa recorrente na região nas últimas décadas.

Os SAFs-cacau tem importância ambiental para proteção contra erosão e degradação dos solos, conservação de remanescentes florestais, conservação de espécies arbóreas e de valor ecológico de proteção e alimentação da fauna, conservação de nascentes e cursos d'água, substituição de matas ciliares, internação de proteção e atuação de corredores ecológicos interligando fragmentos florestais (Muller; Gama-Rodrigues, 2012).

O cultivo do cacau (*Theobroma cacao* L.) representa um bom exemplo para abordagem de Sistemas Agroflorestais, pois é uma planta tolerante a sombra e pode ser cultivada em associação com outras espécies sobre mata raleada, ou sobre cultivos alimentícios e espécies arbóreas introduzidas na área. (Muller e Gama-Rodrigues, 2012).

O cacauzeiro é uma planta originada no sub-bosque da Floresta Amazônica (Somarriba e Beer, 2010). No Brasil, assim como em outros países, a prática mais comum de produção de cacau é via Sistemas Agroflorestais, seja Cabruca ou Sistemas Agroflorestais planejados. O modelo de produção Cabruca é considerado também um sistema agroflorestal, o que significa que se insere no modelo sustentável de produção agrícola (Cardoso, 2019).

Em relação ao SAFs com eritrina (*Erythrina spp*), ocorre a derruba e queima da floresta natural e posterior plantio da eritrina. Enquanto a eritrina não estiver fornecendo sombra suficiente, os cacauzeiros jovens são inicialmente cultivados sob sombra provisória de bananeira e, ou cultivos alimentícios, como a mandioca (*Manihot esculenta* L.) e o milho (*Zea mays* L.), por exemplo (Muller;

Gama-Rodrigues, 2012). Segundo Lobão et al(2011), esse sistema mesmo com uma menor eficiência ambiental, desconsiderando o impacto inicial da sua implementação, é capaz de gerar serviços ecossistêmicos.

Em relação ao SAF-cacau com Seringueiras, Cardoso (2019) afirma ser um dos principais métodos de cultivo na região sul da Bahia. Segundo Piasentin e Saito (2014), estima-se que existam dez mil hectares deste modelo de produção no estado da Bahia. Este sistema começou a ser adotado na década de 80 com o objetivo de reintroduzir os seringais que haviam sido abandonados em um modelo agrícola produtivo.

## 2.2. Serviços Ecossistêmicos

O conceito de Serviço Ecossistêmico é entendido como serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que nele habitam para gerar condições para a permanência da vida humana na terra (May, 2018).

Os Serviços ecossistêmicos podem ser divididos em quatro categorias fundamentais: provisão, regulação, cultural e de suporte (MEA, 2003). Os serviços de suporte proporcionam as condições necessárias para que os outros serviços possam ficar disponíveis à sociedade. Esses benefícios ocorrem de maneira indireta e em longo prazo, como a formação do solo, fertilidade do solo, a ciclagem de nutrientes e a manutenção da biodiversidade.

Já os serviços de regulação são os benefícios obtidos pela sociedade com a regulação natural dos processos ecossistêmicos, como regulação da qualidade do ar, regulação do clima (incluindo sequestro de C), regulação dos fluxos de água (enchente/seca), purificação da água, fertilidade do solo, prevenção da erosão, controle biológico (doenças/pragas), polinização, prevenção de desastres Controle de resíduos (MEA, 2003).

Os Serviços de provisão compreendem os produtos obtidos dos ecossistemas e que são oferecidos diretamente à sociedade, como alimentos fibras/madeira, recursos genéticos, recursos medicinais, recursos ornamentais, água potável (Parron, 2015).

Os Serviços culturais são os benefícios não materiais, que contribuem para o bem-estar da sociedade, como valores estéticos (paisagem), recreação e turismo, valores espirituais e religiosos e valores educacionais/culturais (MEA, 2003).

Muitos dos serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano podem ser fornecidos pelo solo, sendo classificados como serviços de provisão (produção de alimentos), serviço de suporte (ciclagem de nutrientes) e regulação (sequestro de carbono). O solo funciona como um meio para o crescimento das plantas e como moderador de processos ecológicos essenciais para o funcionamento de ambientes aquáticos e terrestres (MEA, 2003).

O aumento dos estoques de carbono no solo está associado à redução dos efeitos negativos das mudanças climáticas, mas a presença de carbono no solo e na biomassa vegetal também tem benefício para outras funções ecossistêmicas e serviços ambientais. Ao se comparar as práticas de agricultura intensiva convencional, as técnicas conservacionistas levam à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), aumentam os estoques de carbono orgânico no solo e mantêm os serviços ambientais (Stavi e Lal, 2013).

Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é um instrumento econômico promissor para o fomento à proteção e à restauração de ecossistemas, baseado no mercado para financiamento da conservação, considerando os princípios do usuário-pagador e provedor-recebedor, pelos quais aqueles que se beneficiam dos serviços ambientais devem pagar por eles, e aqueles que contribuem para a geração desses serviços devem ser compensados por proporcioná-los (Wunder, 2005; Pagiola e Platais, 2007).

Existem dois tipos básicos de programas de PSA: um onde os prestadores de serviço são pagos pelos usuários dos serviços e outro em que os prestadores são pagos por um terceiro, geralmente pelo governo (Pagiola e Platais, 2007; Engel et al., 2008).

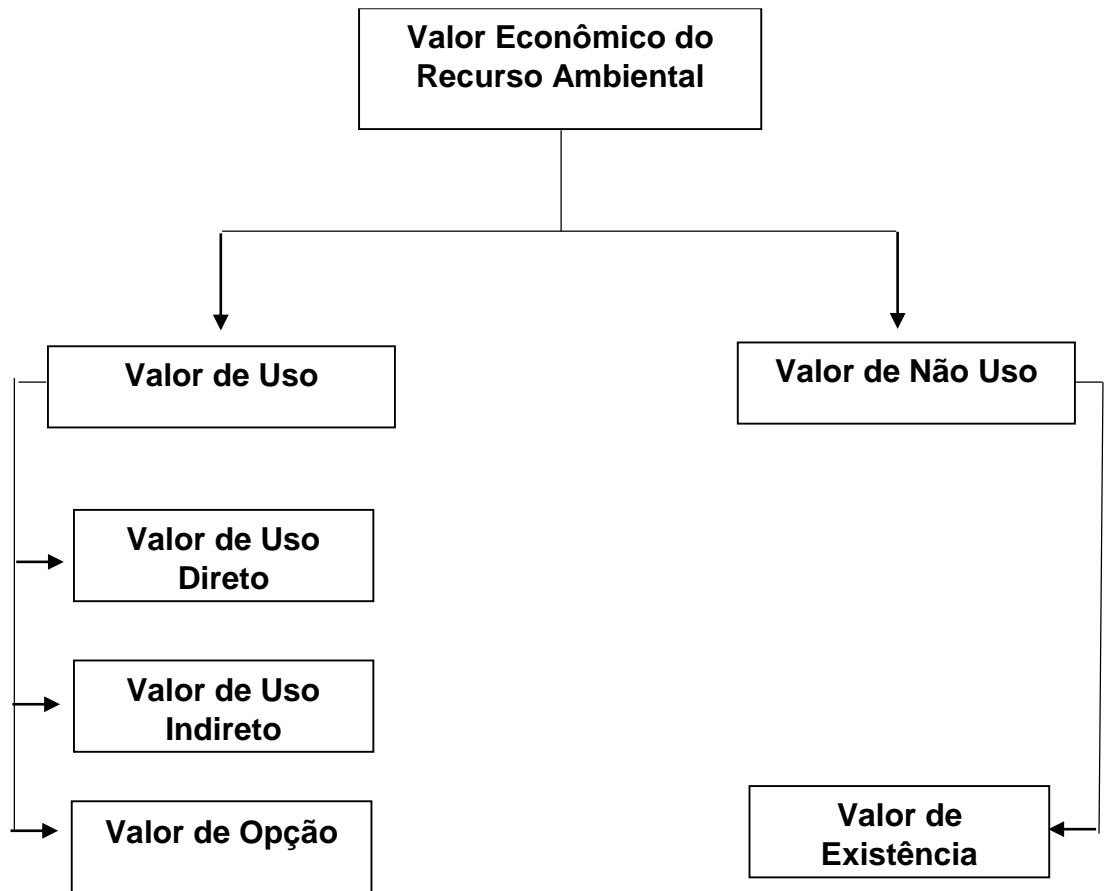
### 2.3. Valoração de Serviços Ecossistêmicos

Todas as espécies dependem dos serviços ecossistêmicos dos recursos naturais para sua existência. Essa dependência é traduzida em valores, que podem ser valores de caráter moral, ético ou econômico, associado aos recursos naturais e os serviços ecossistêmicos providos por estes recursos (May, 2018).

Assim, a valoração econômica ambiental busca avaliar o valor econômico de um recurso natural ou serviço ecossistêmico por meio da determinação do que é equivalente em termos de outros recursos disponíveis na economia e que a sociedade estaria disposta a abrir mão de maneira a obter uma melhoria de

qualidade ou quantidade do recurso natural e dos serviços ecossistêmicos associados a esse recurso (May, 2018).

O valor econômico do recurso ambiental pode ser desagregado em valor de uso e valor de não uso como é ilustrado pelo esquema abaixo.



**Figura 1.** Valor econômico Ambiental

O valor de uso direto de um recurso natural é aquele derivado do uso direto via extração ou consumo, por exemplo a extração de madeira, o consumo de alimentos, a recreação, entre outros. Já o uso indireto quando há benefícios associados às funções ecossistêmicas, como a contenção da erosão, proteção do solo, purificação da água. O valor de opção é quando não existe o uso direto ou indireto, mas tem possibilidade de uso, no futuro, por exemplo (May, 2018).

O valor de existência se refere ao valor dado à existência do próprio recurso, independente de seu uso (Bellia, 1996). É o direito inerente de existência.

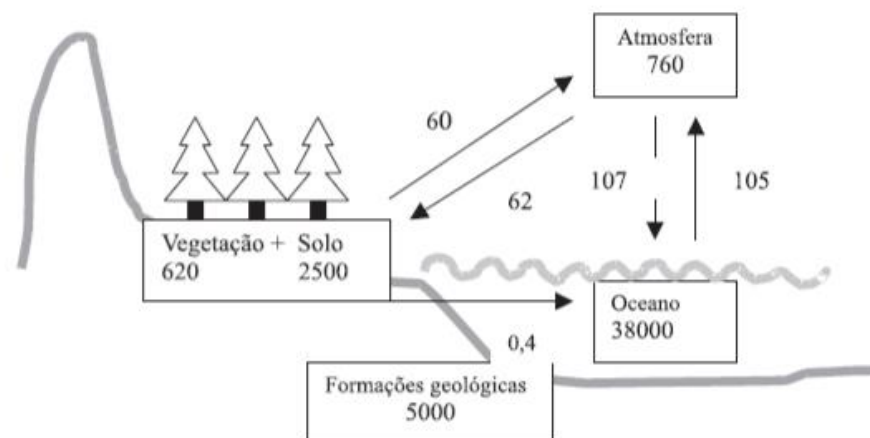
Nos Sistemas Agroflorestais podem citar alguns valores de uso indiretos importantes para a humanidade, como manutenção dos ciclos biogeoquímicos; a



manutenção do clima; a proteção de mananciais hídricos; a proteção da diversidade de genes e espécies e o sequestro/estoque de carbono (Kitamura, 2001).

#### 2.4. Efeito estufa e as Mudanças Climáticas

Os quatro principais compartimentos de carbono na Terra são: oceanos, atmosfera, formações geológicas contendo carbono fóssil e mineral e ecossistemas terrestres (biota + solo). Na figura 2 pode-se observar os diferentes compartimentos de carbono na Terra com seus estoques de carbono. Onde o maior compartimento de carbono na terra está presente no oceano e o compartimento de carbono do solo (2500 Pg C) é o maior nos ecossistemas terrestres, sendo 4 vezes o compartimento de C da vegetação, e é constituído pelo carbono orgânico (1500 Pg C) e mineral (1000 Pg C) (Machado, 2005).



**Figura 2.** Ciclo global do carbono com estoques (em Pentagrama C =  $10^{15}$  g C) nos diferentes compartimentos da Terra e fluxos de carbono (em Pg C ano<sup>-1</sup>).

Fonte: Machado, 2005.

O efeito estufa é um fenômeno natural que permite o surgimento e a manutenção da vida na terra. Sem ele, a superfície da Terra seria, em média, 33°C mais fria. A energia solar de comprimento de onda muito curto, atravessa a atmosfera terrestre sem interação com os gases presentes nesta camada. Ao atingir a superfície terrestre a maior parte da energia é absorvida por ela e aquece-a. Outra parte da radiação é refletida e volta para o espaço. Em decorrência do aumento da concentração dos GEEs outra parte da radiação é

refletida pela superfície da Terra, mas não consegue deixar a atmosfera. Ela é refletida novamente em direção à Terra, com um comprimento de onda mais longo (radiação infravermelha) e, é absorvida pela camada de gases que envolve a atmosfera, intensifica a retenção do calor e gera o efeito estufa, que contribui para o aquecimento global (Cerri e Cerri, 2007).

A mudança do clima é um processo natural de alterações da temperatura, regimes de chuvas e outros aspectos climatológicos. Mas, o aumento dos gases do efeito estufa na atmosfera provoca a intensificação das mudanças climáticas. Os principais impactos das mudanças climáticas são o aumento da temperatura média global, secas, chuvas intensas, redução da biodiversidade, desertificação, derretimento das calotas polares e aumento do nível dos oceanos (CNA, 2012).

A queima excessiva de combustíveis fósseis pelas atividades humanas, o desmatamento e as queimadas de florestas e a decomposição acelerada da matéria orgânica em áreas agrícolas aumentam a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (Ometto e Martinelli, 2008; Sampaio et al., 2008). No Brasil, as práticas agrícolas e as mudanças do uso da terra devido ao desmatamento são as principais fontes de emissão dos GEE. Aproximadamente 75% do CO<sub>2</sub> que o Brasil emite para a atmosfera são derivados de práticas agrícolas e do desmatamento (Cerri; Cerri, 2007).

As atividades agropecuárias são umas das afetadas pelas mudanças climáticas, devido à sua correlação e interdependência direta com os ecossistemas. A agropecuária contribui tanto para a emissão, quanto para a captura de gases do efeito estufa (GEEs), por meio de suas fontes e sumidouros. Tendo como fontes de emissão dos GEEs a fermentação entérica do gado, os dejetos animais, mudanças no uso do solo, queimadas, uso de fertilizantes nitrogenados, decomposição de dejetos orgânicos, revolvimento do solo, uso de combustíveis fósseis em máquinas agrícolas. E, o principal sumidouro é o solo, principalmente sob sistemas florestais, agroflorestais e gramíneas (CNA, 2012).

O plantio direto, a recuperação de áreas degradadas, a interação lavoura-pecuária-floresta, sistema agroflorestal, fixação de nitrogênio, plantio de floresta comerciais e o tratamento de resíduos animais são atividades agrícolas para reduzir ou evitar emissões e aumentar o sequestro de carbono (CNA, 2012).

## 2.5. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e o Protocolo de Quioto

Durante a Conferência Rio-92 foi adotada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), sendo um passo importante dado pela comunidade internacional a fim de alcançar a estabilização das concentrações de GEEs na atmosfera em nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático (Moreira e Giometti, 2008).

O órgão supremo da Convenção é a Conferência das Partes (COP), sendo de sua responsabilidade monitorar e promover a implementação da Convenção e instrumentos legais a ela relacionados. A primeira dessas Conferências ocorreu em Berlim (1995).

Na primeira COP, em Berlim, concluiu-se que a maioria dos países desenvolvidos não conseguiria retroceder suas emissões aos níveis de 1990 até o ano 2000, conforme compromissos firmados no âmbito da Convenção sobre Mudança do Clima. Sendo necessário estabelecer uma Resolução, denominada Mandato de Berlim, com o objetivo de rever esses compromissos. Esse Mandato estabeleceu que os países desenvolvidos deveriam, com base no princípio das responsabilidades comuns, mas diferenciadas, estabelecer em um Protocolo ou em outro instrumento legal metas quantitativas de redução de emissão e descrever as políticas e medidas que seriam necessárias para alcançar essas metas, até a 3ª Conferência das Partes (COP 3), que seria realizada em 1997 (Moreira e Giometti, 2008).

Na COP 3, realizada em Quioto, no Japão, em dezembro de 1997, foi adotado um Protocolo, chamado de Protocolo de Quioto. Esse protocolo estabeleceu compromissos quantificados para os países industrializados de redução ou limitação das emissões antrópicas ajustadas de gases de efeito estufa. Onde determina que os países de economia desenvolvida adotem medidas de redução das emissões, entre 2008 e 2012, para um nível 5,2% inferior ao registrado em 1990 (COTTA et al., 2008). Mas, o Protocolo de Quioto somente entrou em vigência internacional no ano de 2005, quando foi possível atingir a quantidade mínima de assinaturas dos países, em conformidade com o artigo 25 do aludido protocolo (Glória, 2010).

Na COP 21, que aconteceu em Paris no ano de 2015, foi feito um acordo com 195 países, para reduzir emissões de GEEs no contexto do desenvolvimento sustentável. O compromisso ocorre no sentido de manter o aumento da temperatura média global em bem menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais. Nesse contexto<sup>2</sup> o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030 (MMA,2018).

No acordo de Paris, foi lançada a iniciativa "4 por 1 000"que visa mostrar que segurança alimentar e combate às mudanças climáticas são complementares e fazer com que a agricultura traga soluções. Uma taxa de crescimento anual do estoque de carbono nos solos de 4 por 1000 permitirá frear o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Essa normativa visa ilustrar que um aumento do estoque de carbono dos solos agrícolas e florestais é uma alavanca de grande porte para melhorar a fertilidade dos solos e a produção agrícola e participar do cumprimento do objetivo em longo prazo de limitar o aumento das temperaturas a +1,5/2°C, limite para além do qual as consequências induzidas pelas mudanças climáticas trariam impactos significativos (MMA,2018).

## 2.6. O mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os créditos de carbono

O Protocolo de Quioto estabeleceu três Mecanismos Adicionais de Implementação, em complementação às medidas de redução de emissão e remoção de gases de efeito estufa implementadas pelas Partes no Anexo I: o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL); a Implementação Conjunta; e o Comércio de Emissões (Moreira e Giometti, 2008).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) permite a participação de países em desenvolvimento em cooperação com países desenvolvidos. O objetivo final da redução das emissões pode ser atingido por meio da implementação de atividades em países em desenvolvimento que resultem na redução das emissões de GEEs ou no aumento da remoção de CO<sub>2</sub>, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento (Lopes, 2002).

O MDL é um instrumento jurídico econômico que reduz a emissão de GEE na atmosfera por fontes de emissão ou sumidouros de GEE em países não pertencentes ao Anexo I da CQMC, como o Brasil. Gera créditos de Carbono, que serão utilizados por agentes econômicos domiciliados em países integrantes do Anexo I da referida convenção para a compensação ecológica suplementar do cumprimento de suas obrigações de redução de emissão de GEE, fixadas pelo protocolo de Quioto. (Lorenzoni Neto, 2009). A medida é feita em toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO<sub>2</sub>). Cada tonelada de CO<sub>2</sub> reduzida ou removida da atmosfera, devidamente verificada, corresponde a uma unidade emitida pelo Conselho Executivo do MDL, denominada de Redução Certificada de Emissão (RCE).

As RCEs podem ser utilizadas pelas Partes no Anexo I que tenham ratificado o Protocolo de Quioto como parte do cumprimento de suas obrigações. Assim, o MDL permite que uma Parte com metas no âmbito do Protocolo cumpra parte de suas metas a um custo mais baixo e, ao mesmo tempo, invista em Partes não-Anexo I, contribuindo para o desenvolvimento sustentável desses países (Fronzizi, 2009).

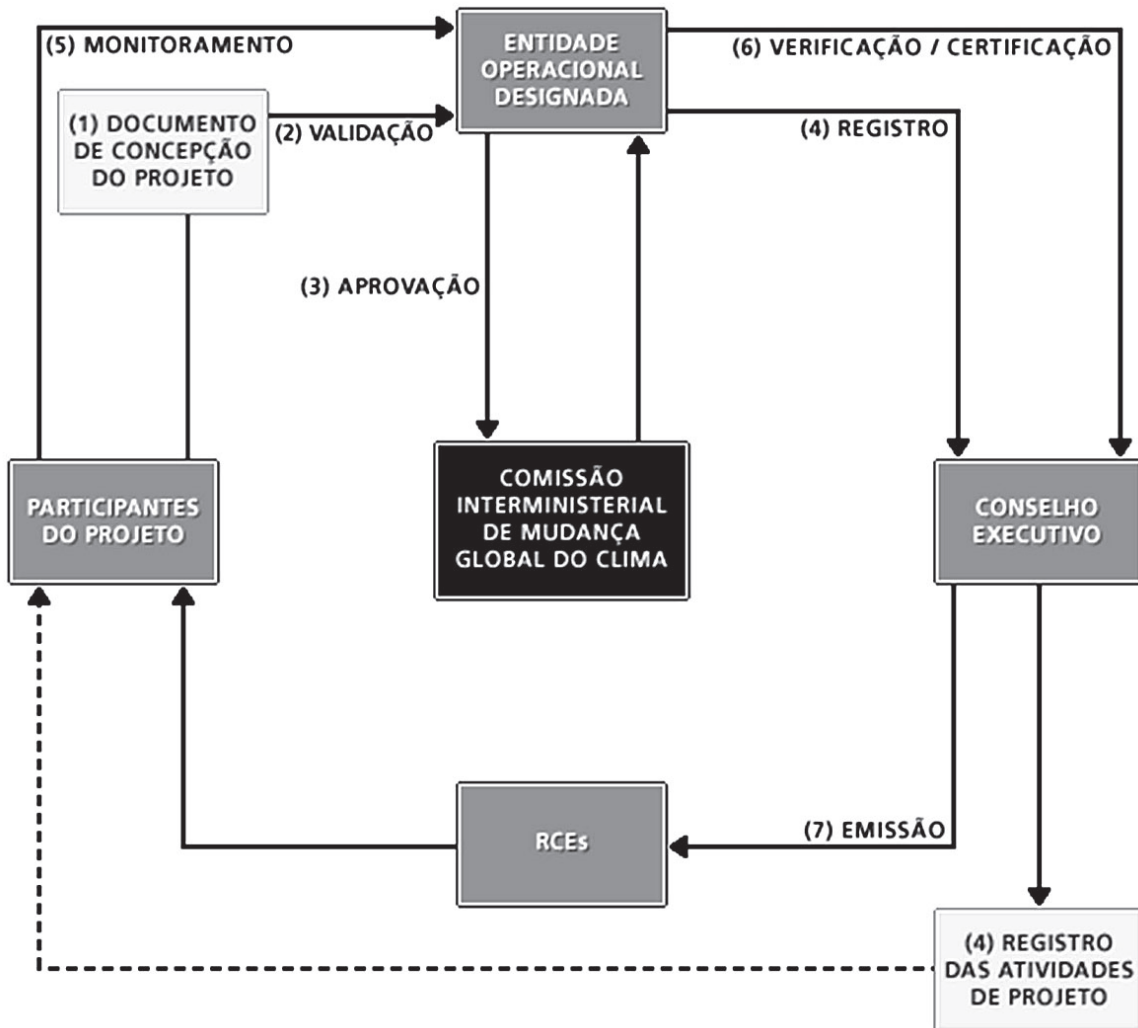
As principais bolsas de negociação de créditos de carbono existentes são a European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS), bolsa europeia; Chicago Climate Exchange (CCX), bolsa americana; New South Wales (NSW), bolsa australiana; Keidanren Voluntary Action Plan in Japan, bolsa japonesa e o Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE), bolsa brasileira (Limiro 2009).

Para que o projeto seja elegível, devem seguir os seguintes critérios: participação voluntária; contribuição com o objetivo final da Conferência das Partes; geração de adicionalidade; contribuição para o desenvolvimento sustentável do país no qual venha a ser implementado; a atividade do projeto deve ser capaz de demonstrar benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo, relacionados com a mitigação da mudança do clima; aprovação do país onde as propostas forem implementadas; existência de valores mínimos a serem respeitados.

Alguns tipos de projetos são inelegíveis no âmbito do MDL, como: Conservação florestal e qualquer mudança no uso da terra que não seja

florestamento ou reflorestamento; energia nuclear; geração não-sustentável de energia proveniente de biomassa.

Segundo Duque et al. (2017), o Ciclo do MDL pode ser definido nas seguintes etapas, como mostrado na figura 3:



**Figura 3.** Ciclo do MDL.

Fonte: BMF (2012).

Etapa1 (Concepção de projeto): é realizado pelo proponente do projeto que confeccionará o documento de concepção de Projeto (DCP). No mesmo será descrita a metodologia de cálculos estimados para as reduções de emissões, plano e métodos de monitoramento das emissões após a implementação do projeto.

Etapa II (Validação): é um processo onde ocorre uma auditoria de terceira parte, da atividade proposta do projeto, realizada por uma empresa. Essas empresas recebem o nome de Entidade Operacional Designada (EOD).

Etapa III (Aprovação Nacional): é a etapa de aprovação do projeto pela autoridade nacional designada(AND). No Brasil, a Comissão Internacional de Mudança Global do Clima (CIMGC).

Etapa IV (Registro): O Conselho executivo do MDL, verifica o projeto, tanto as atestações do AND como do EOD, não havendo necessidade de correções, o projeto é registrado. Nessa fase se o projeto não atender às exigências solicitadas pode ser rejeitado.

Etapa V (monitoramento): Nessa fase começa-se a monitorar as atividades do projeto, pelo próprio empreendedor, apresentando relatórios de acompanhamento que deverão constar as emissões reduzidas.

Etapa VI (Verificação): O empreendedor deverá contratar novamente EOD, tendo uma nova visita ao local para atestar os dados monitorados, isso acontece a partir de 1 ano do empreendimento. Nessa etapa é emitido um parecer, se acaso for positivo será submetido ao conselho Executivo do MDL.

Etapa VII (Emissão dos Certificados de Redução): O Conselho Executivo irá avaliar a documentação relacionada ao monitoramento e emitirá as certificações CER's para o Participante.

## 2.7. Mercado de baixo carbono no Brasil

O Brasil é um dos países em desenvolvimento que não foram obrigados a fixar metas de redução de emissões de GEE em acordos internacionais, como no Protocolo de Quioto. Mas, o país apresentou um conjunto de ações voluntárias, estabelecidas para reduzir suas emissões de GEE durante a realização da COP 15 em 2009, em Copenhague, Dinamarca. Estabelecendo um compromisso de redução entre 36,1% e 38,9% de suas emissões de GEE, em relação às emissões brasileiras projetadas até 2020 (MAPA, 2012).

Para cumprir essas metas, o Brasil criou a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas, sancionada em 2009. Dentro dos planos de ação setoriais, na categoria Agropecuária, constou o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Tendo a criação do Programa para Redução de Emissão de Gases de

Efeito Estufa na Agricultura (Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono ou ABC) (CNA, 2012).

O objetivo geral do Plano ABC é promover a redução das emissões de GEE na agricultura (conforme preconizado na Política Nacional sobre Mudanças do Clima), melhorando a eficiência no uso de recursos naturais e aumentando a resiliência de sistemas produtivos e de comunidades rurais, possibilitando a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas (CNA, 2012).

É objetivo do plano Incentivar a adoção de Sistemas de Produção Sustentáveis que assegurem a redução de emissões de GEE e aumentem também a renda dos produtores, principalmente com a expansão das seguintes tecnologias: Recuperação de Pastagens Degradadas; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); Sistema Plantio Direto (SPD); Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN); Florestas Plantadas; e tratamento de dejetos de animais (MAPA, 2012).

O plano ABC pretende qualificar o país para o comércio internacional com a proteção do agronegócio brasileiro de potenciais barreiras comerciais no futuro e permitir a geração de serviços ambientais (CNA, 2012).

Para colaborar com a implementação e execução do Plano ABC e outras iniciativas públicas e privadas focadas na sustentabilidade, foi desenvolvido a Política de Governança Climática da Agropecuária (PGCA), que enumera as condutas, programas e instrumentos que possibilitarão aos produtores rurais participar ativamente dessa luta, tornando o agronegócio brasileiro menos emissivo e mais competitivo mundialmente (CNA, 2012).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área experimental

O presente estudo foi realizado utilizando os resultados de estoque de C no solo, até 40 cm de profundidade, em diferentes Sistemas Agroflorestais baseados em cacauzeiros da Fazenda Porto Seguro, localizada no Município de Uruçuca, no Sul do Estado da Bahia, Brasil. A região é caracterizada como de clima tropical úmido, tendo uma precipitação pluvial anual de aproximadamente 1500 mm. Clima. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo (Santana et al., 2011).

Os sistemas de uso da terra (aproximadamente 5 ha cada) utilizados neste estudo foram:

I. SAF cacau-cabruca, de 35 anos, no espaçamento de 4 x 2 m com densidade de 1250 plantas de cacauzeiros por hectare;

II. SAF cacau-eritrina (*Erythrina glauca*) de 35 anos, com cacauzeiros no espaçamento de 3 x 3 m e a eritrina em 25 x 25 m, em quincôncio, com densidades de 1111 e 32 plantas por hectare, respectivamente;

III. SAF cacau-seringueira com espaçamento de cacauzeiros (20 anos) de 2,5 x 2,5 m e da seringueira (40 anos) de 5 x 5 m, com densidade de 1600 e 400 plantas por hectare, respectivamente.

#### 3.2. Dados utilizados

Os dados de estoque de carbono do solo utilizados para se realizar a análise econômica foram retirados do estudo realizado por Monroe et al. (2016),

considerando o estoque até 40 cm de profundidade, pois segundo estes autores, considera-se que até 40 cm o valor de estoque de carbono é proveniente do sistema atual. A partir de 40 cm, seria o carbono proveniente da vegetação nativa (Tabela 1).

Tabela 1. Dados de estoque de carbono no solo

<b>SAFs</b>	<b>Estoque de carbono</b>
cacau-eritrina	100 Mg/ha
cacau-seringueira	95 Mg/ha
cacau-cabruca	103 Mg/ha

Fonte: Monroe et al. (2016).

A valoração econômica dos SAFs-cacau foi realizada por meio de dois procedimentos de acordo com os critérios de Rezende e Oliveira (2008) e Silva et al. (2005). O primeiro procedimento considerou apenas a produção do cacau como receita. O segundo, além da produção de cacau considerou-se a receita proveniente do carbono do solo estocado até 40cm de profundidade.

Para tal, este C estocado no solo foi convertido em CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq), sendo esta a unidade usada no mercado de créditos de carbono. Esta conversão é realizada multiplicando-se o total de carbono estocado pela razão do peso molecular do CO<sub>2</sub> e do carbono (44/12) conforme estabelecido pelo IPCC (Valdetaro et al., 2011). Esse valor foi dividido pela idade dos SAFs-cacau para obter a quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente por ano estocado no solo de cada sistema (Tabela 2).

Tabela 2. CO<sub>2</sub> equivalente/ano dos SAFs-cacau

<b>SAFs</b>	<b>CO<sub>2</sub> Eq./Ano</b>
cacau-eritrina	11 Mg/ha
cacau-seringueira	18 Mg/ha
cacau-cabruca	11 Mg/ha

### 3.3 Etapas para a valoração econômica

#### 3.3.1. Fluxo de caixa e taxa de desconto

Inicialmente foi realizado o fluxo de caixa, que são as estimativas de custos e receitas do sistema implantado ao longo do tempo. A diferença entre os custos e as receitas representa o resultado líquido do fluxo de caixa que pode ser rentável ou não (Santos, 2001). Para tal, os custos e as receitas foram ordenados anualmente, com todas as entradas e saídas do caixa ao longo da condução do sistema de produção.

#### 3.3.2. Custos

Os custos utilizados para à análise econômica são aqueles relacionados à implantação do SAF (preparo da área, aquisição de mudas e plantio), manutenção (tratos culturais), e colheita da produção (cacau) em um hectare. Esses dados foram provenientes da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacau (CEPLAC) em relação ao cacau. Já os custos da seringueira tiveram como fonte Cotta et. Al (2006), sendo os preços corrigidos segundo o Índice Geral de Preços (IGP-DI-2019). Esse índice geral registra a inflação de preços desde matérias-primas agrícolas e industriais até bens e serviços finais.

Para quantificar o custo do projeto para obtenção do CER's adotou-se o sequestro de carbono em 16.000 tCO<sub>2</sub> eq./ano, que é o valor máximo para um projeto florestal ser considerado de pequena escala (Lessa et. al, 2016). Assim, divide-se 16.000 pela quantidade de CO<sub>2</sub> eq. de cada sistema, e obtém-se a área necessária para a absorção de 16.000tCO<sub>2</sub> eq./ano.

$$\text{Área} = \frac{16.000}{\text{CO}_2} \quad (1)$$

Considerou-se o valor de US\$260.000 como sendo o custo fixo de projeto para a obtenção do CER's (Cotta et al.2006) e dividiu-se esse valor pela área de plantio necessária para a obtenção de 16.000tCO<sub>2</sub> eq./ano.

$$\text{Custo por hectare} = \frac{260.000}{\text{Área}} \quad (2)$$

Para a conversão de dólar em reais utilizou-se a menor cotação do dólar obtido em 2019 (R\$3.6), segundo o Banco Central do Brasil.

### 3.3.3. Receitas

As receitas foram provenientes da produção do cacau e, considerou-se uma produção de 50 @ (Santos, 2006). A produção de látex teve como base o trabalho de Cotta et al. (2006) em kg de borracha seca por hectare. Os preços foram obtidos por pesquisa de mercado, considerando os valores de novembro de 2019, de R\$157,00/@ de cacau e R\$ 6,38 Kg de borracha seca, segundo a bolsa de Nova Iorque (NYBOT).

Foi adotado o preço de tonelada de CO<sub>2</sub> eq. (CREs) de 18,41 Euros, a menor cotação de 2019. E, para conversão em reais adotou-se o menor valor do euro em 2019 (R\$ 4,1), segundo o Banco Central do Brasil.

### 3.3.4. Valor Presente Líquido – VPL

O VPL mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo da sua vida útil. A viabilidade econômica de um projeto analisado pelo método do VPL é indicada pela diferença positiva entre as receitas e os custos atualizados, a determinada taxa de desconto. A taxa de desconto converte os fluxos de caixas futuros em valores presentes, pois fluxos de épocas diferentes não podem ser comparados nem agregados enquanto não forem colocados em uma mesma época.

Se seu VPL do projeto for positivo à determinada taxa de juros, ele será economicamente viável.

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (3)$$

Em que: VPL= valor presente líquido; R<sub>j</sub> = receita no ano j; C<sub>j</sub> = custo no ano j; i= taxa de desconto; j = período de ocorrência do custo ou da receita; e n= duração do projeto, em anos.

### 3.3.5. Taxa Interna de Retorno – TIR

A TIR representa a taxa de desconto que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos. A Taxa Interna de Retorno (TIR) indica a taxa que torna nulo o VPL do fluxo de caixa do investimento. Considera-se um projeto financeiramente viável quando a TIR for maior do que taxa mínima de atratividade (TMA). A TMA considerada para a presente pesquisa é equivalente a 6% ao ano, a taxa média de financiamento que os produtores podem conseguir nas regiões (Santos, 2002).

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (4)$$

em que:  $R_j$  = receita no ano  $j$ ;  $C_j$  = custo no ano  $j$ ;  $i$  = taxa de desconto;  $j$ =período de ocorrência do custo ou da receita; e  $n$  = duração do projeto, em anos.

### 3.3.6. Valor Anual Equivalente - VAE

Este indicador é utilizado para transformar o valor anual do projeto em fluxos de receitas ou custos periódicos contínuos, equivalente ao valor anual, durante a vida útil do projeto. Um projeto será economicamente viável se apresentar VAE positivo.

$$VAE = \frac{VPL}{[1 - (1+i)^{-n}]} \quad (5)$$

em que: VAE = valor anual equivalente; VPL = valor presente líquido;  $i$ =taxa de desconto; e  $n$  = duração do projeto, em anos.

### 3.3.7. Razão Benefício-Custo (B/C)

A Razão Benefício-Custo representa a relação entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos, para certa taxa de desconto.

$$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}} \quad (6)$$

$B/C$  = razão benefício-custo à taxa de desconto  $i$ ;  $R_j$  = receita no final do ano  $j$  ou do período de tempo considerado;  $C_j$  = custo no final do ano  $j$  ou do período de tempo considerado;  $i$  = taxa de desconto; e  $n$  = duração do projeto, em anos.

O projeto será economicamente viável se apresentar valor de  $B/C$  maior que a unidade, sendo tanto mais viável quanto maior for esse valor.

#### 3.3.8. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade considera valores pessimistas em relação à rentabilidade. Assim, elevou-se em 10% os itens de custos e reduziu-se em 10% os itens de receitas e se obteve uma nova TIR e um novo VPL, para cada sistema. Selecionaram-se as variáveis, mão de obra, preço do produto, insumos e terra, uma por vez, afim de verificar de que forma e em que proporções essas variáveis afetariam os resultados finais em termos de probabilidade (Buarque, 1991).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Fluxo de caixa Acumulado

As estimativas de custos e receitas dos SAFs cacau em estudo foram obtidas para um período de 20 anos. O fluxo de caixa também foi calculado para obtenção do CER's. Neste caso, considerou-se o valor de CO<sub>2</sub> Eq/ano (Tabela 2).

Os SAFs cacau-cabruca e cacau-eritrina (com e sem CER's) apresentaram fluxo de caixa corrente negativo até o 3º ano. Com a inclusão da receita proveniente da produção do cacau, a partir do 4º ano, o valor foi positivo (Tabelas 1,2,3 e 4 do apêndice). Já no SAF cacau-seringueira (com e sem CER's) o fluxo de caixa corrente apresentou-se negativo até o 4º ano. No 5º ano, com a receita, proveniente da produção do látex, o valor ficou positivo (tabelas 5 e 6 do apêndice). O saldo negativo nos primeiros anos pode ser justificado pelo fato dos custos serem maiores que as receitas.

Os SAFs cacau-cabruca e cacau-eritrina apresentaram fluxo de caixa acumulado (sem considerar o CER's) negativos até o 8º ano, mesmo com a inclusão das receitas provenientes do cacau a partir do 4º ano. Ao se incluir os certificados foi possível observar um adiantamento deste período, passando a obter lucro a partir do 7º ano para o modelo cabruca. Já no SAF baseado em cacaueros com eritrinas o fluxo de caixa acumulado positivo foi a partir do 8º ano (Tabela 3).

No SAF cacau-seringueira, o fluxo de caixa acumulado sem a inclusão do CER's apresentou resultados negativos até o 11º ano e, ao se incluir os certificados foi possível observar um adiantamento para obter lucro a partir do 10º ano (Tabela 3).

Os dados obtidos para o SAF cacau-seringueira corroboram os resultados de Cotta et al. (2006). Estes autores observaram, também, em SAF cacau-seringueira, que as receitas dos CER's permitiram antecipar o retorno do investimento do 16º ano para o 12º ano. E, afirmaram que a venda de créditos de carbono do projeto abate os custos de implantação da seringueira.

O fluxo de caixa acumulado aumenta ao longo dos anos seguintes, com e sem os CER's. No entanto, no final de 20 anos, ao considerar os CER's, se obtém aumentos de 33%, 32% e 35 %, nos SAFs cacau-cabruca, cacau-eritrina e cacau-seringueira, respectivamente. Esses resultados mostram o incremento que o serviço ecossistêmico de estoque de carbono pode proporcionar no lucro final do projeto. Cotta et al.(2006) encontraram no seu trabalho um aumento de 70 % no fluxo de caixa acumulado no final de 34 anos de projeto.

Dentre os sistemas, aquele que proporcionou maior lucro ao final de 20 anos, em ambos os cenários, foi o SAF cacau-seringueira, tendo uma diferença em torno de R\$ 24.000,00 sem considerar o CER's de R\$ 34.000,00 considerando o CER's sobre os outros sistemas. O que é justificado, pois além da produção do cacau o produtor se beneficia com a receita decorrente da produção do látex (Tabela 3).

Em termos econômicos, é possível apontar que esse retorno mais rápido em um ano e o aumento no fluxo acumulado no final dos 20 anos pode agregar valores monetários a este sistema de produção e, portanto, aumentar a renda do produtor. Cumpre-se, assim, um dos princípios da sustentabilidade que é a produtividade, que se refere à capacidade do sistema de promover o nível adequado de bens, serviços e retorno econômico às famílias (Altieri, 2002).

A organização da Nações Unidas para a Alimentação e agricultura (FAO, 2007) destaca quatro principais serviços oriundos dos agroecossistemas: a conservação da biodiversidade, o sequestro de carbono, a produção de água e atenuação das mudanças climáticas. Mas, outros serviços se mostram importantes, entre eles o controle da erosão, controle de enchentes, controle de doenças e ciclagem de nutrientes, entre outros (Altieri e Nichllos, 2005).



Neste sentido, os fatores econômicos e edáficos são fortes pontos para se investir em SAFs que podem ter vantagens, tanto para a produção agrícola, como para economia do produtor e ainda um meio de amenizar os impactos ao meio ambiente.

Tabela 3. Fluxos de caixa acumulado (em R\$), sem e com a inclusão de CER's, obtidos em uma área de 1 ha de diferentes SAFs-cacau. Dados obtidos pela (CEPLAC) e Cotta et al. (2006). CER's = Certificado de Emissão Reduzida.

Ano	cacau-cabruca sem CER's	cacau-cabruca com CER's	cacau-eritrina sem CER's	cacau-eritrina com CER's	cacau-seringueira sem CER's	cacau-seringueira com CER's
1	-R\$ 13.185,60	-R\$ 13.002,00	-R\$ 13.510,60	-R\$ 13.332,10	-R\$ 35.797,24	-R\$ 35.501,44
2	-R\$ 15.552,16	-R\$ 14.553,16	-R\$ 15.877,16	-R\$ 14.905,91	-R\$ 41.697,71	-R\$ 40.088,21
3	-R\$ 17.657,16	-R\$ 15.842,76	-R\$ 17.982,16	-R\$ 16.218,16	-R\$ 47.336,62	-R\$ 44.413,42
4	-R\$ 16.277,16	-R\$ 13.647,36	-R\$ 16.602,16	-R\$ 14.045,41	-R\$ 48.910,18	-R\$ 44.673,28
5	-R\$ 12.597,16	-R\$ 9.151,96	-R\$ 12.922,16	-R\$ 9.572,66	-R\$ 46.110,24	-R\$ 40.559,64
6	-R\$ 8.942,16	-R\$ 4.681,56	-R\$ 9.267,16	-R\$ 5.099,91	-R\$ 41.025,74	-R\$ 34.161,44
7	-R\$ 5.262,16	R\$ 186,16	-R\$ 5.587,16	-R\$ 627,16	-R\$ 34.378,66	-R\$ 26.200,66
8	-R\$ 1.582,16	R\$ 4.309,24	-R\$ 1.907,16	R\$ 3.845,59	-R\$ 26.576,80	-R\$ 17.085,10
9	R\$ 2.097,84	R\$ 8.804,64	R\$ 1.772,84	R\$ 8.318,34	-R\$ 18.774,94	-R\$ 7.969,54
10	R\$ 5.777,84	R\$ 13.300,04	R\$ 5.452,84	R\$ 12.791,09	-R\$ 10.973,08	R\$ 1.146,02
11	R\$ 9.432,84	R\$ 17.770,44	R\$ 9.107,84	R\$ 17.263,84	-R\$ 3.196,22	R\$ 10.236,58
12	R\$ 13.112,84	R\$ 22.265,84	R\$ 12.787,84	R\$ 21.736,59	R\$ 4.605,64	R\$ 19.352,14
13	R\$ 16.792,84	R\$ 26.761,24	R\$ 16.467,84	R\$ 26.209,34	R\$ 12.407,50	R\$ 28.467,70
14	R\$ 20.472,84	R\$ 31.256,64	R\$ 20.147,84	R\$ 30.682,09	R\$ 20.209,36	R\$ 37.583,26
15	R\$ 24.152,84	R\$ 35.752,04	R\$ 23.827,84	R\$ 35.154,84	R\$ 28.011,22	R\$ 46.698,82
16	R\$ 27.807,84	R\$ 40.222,44	R\$ 27.482,84	R\$ 39.627,59	R\$ 35.788,08	R\$ 55.789,38
17	R\$ 31.487,84	R\$ 44.717,84	R\$ 31.162,84	R\$ 44.100,34	R\$ 43.589,94	R\$ 64.904,94
18	R\$ 35.167,84	R\$ 49.213,24	R\$ 34.842,84	R\$ 48.573,09	R\$ 51.391,80	R\$ 74.020,50
19	R\$ 38.847,84	R\$ 53.708,64	R\$ 38.522,84	R\$ 53.045,84	R\$ 59.193,66	R\$ 83.136,06
20	R\$ 47.527,84	R\$ 63.204,04	R\$ 47.202,84	R\$ 62.518,59	R\$ 71.995,52	R\$ 97.251,62

#### 4.2. VPL, TIR, VAE e B/C

Os SAFs-cacau do presente trabalho se mostraram viáveis, sem a inclusão dos CER's, com VPL positivo (Tabela 4). Os dados observados corroboram com Soares e Silva (2017) e Cotta et al. (2006), que obtiveram VPL de R\$19.192,73, e R\$ 7.522,21, respectivamente, em sistemas cacau-seringueira.

Cardoso (2019) também encontrou VPL positivo ao analisar a viabilidade dos SAFs cacau-cabruca e cacau-seringueira, com VPL de R\$2.156,00 e R\$11.738,00, respectivamente.

A viabilidade econômica do SAF cacau-cabruca, utilizando-se o VPL apresentou um aumento de quase 57 % com a inclusão dos CER's. Já no SAF cacau-eritrina o aumento foi de 55 % e de 112% no SAF cacau-seringueira (Tabela 4). Isso indica um atrativo ao investimento em projetos similares. Pois, o VPL é a medida do retorno do investimento, ou seja, a medida da riqueza que o investimento do projeto gera para o produtor. Assim, quanto maior o VPL mais atrativo será o sistema de produção, pois maior será o retorno.

Faz-se oportuno apontar que Nish et al (2005) ao analisar a influência do crédito de carbono na viabilidade financeira de um sistema somente de seringueiras, observaram que apenas com a inclusão dos CER's este sistema seria viável. Na ausência destes os autores encontraram VPL negativo, o que demonstra a relevância dos créditos de carbono.

Em todos os sistemas e em ambos os cenários a TIR apresentou valor maior que a taxa mínima de atratividade (TMA) utilizada nesse trabalho (6%), o que indica que os sistemas seriam mais atrativos economicamente do que o que se conseguiria no mercado financeiro. Pode-se observar ainda, que ao considerar o valor agregado do serviço ecossistêmico a TIR teve um aumento de 32 % para o SAF cacau-cabruca, 31 % para o SAF cacau-eritrina e de 32% para o SAF cacau-seringueira (Tabela 4). O que mostra que o valor agregado do estoque de carbono no solo pode aumentar a atratividade da atividade, mostrando que um investimento nesse tipo de sistema produz um retorno financeiro.

A TIR é uma taxa que se utiliza para comparar com a taxa mínima de atratividade. Se a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade significa que o projeto é rentável para o produtor, caso contrário, seria mais rentável colocar o dinheiro do investimento no mercado financeiro.

Os valores de VAE demonstraram que os projetos sem os CER's apresentaram rentabilidade anual/ha de R\$1.456,13 no SAF cacau-cabruca; R\$1.427,796 no SAF cacau-eritrina, e R\$1.161,09 no SAF cacau-seringueira. Os dados obtidos são semelhantes ao encontrado por Soares e Silva (2017) ao analisar um SAF cacau-seringueira no sul da Bahia, onde obtiveram um VAE de R\$19.192,73/ ha. Com base nesses valores pode-se inferir que mesmo sem a inclusão dos CER's a rentabilidade anual dos sistemas é boa. Com a inclusão dos CER's ela é maior ainda, aumentando para R\$ 2.265,37, R\$ 2.218,31, R\$ 2.464,87 nos sistemas cacau-cabruca, cacau-eritrina e cacau-seringueira, respectivamente.

É válido ressaltar diante desses valores que os SAFs-cacau podem ser praticados por pequenos produtores rurais, tendo também como vantagem o fato de não exigir o uso da mecanização, sendo os principais fatores de produção, a terra e a mão de obra. Além disso, é uma atividade em que o produtor pode contar com a mão de obra familiar e conciliar com outras atividades em sua propriedade.

Diante desses cenários, o incremento da viabilidade econômica via valoração do estoque de carbono também pode ser encontrado em Cotta et al. (2006), que realizaram análise com inclusão CER's em SAFs cacau-seringueira. Estes autores observaram aumentos de 71 % no VPL, 65% na TIR e no VAE um aumento de 71% ao considerar os CER's. Lessa et. al (2016) em um sistema de seringueiras no estado do Acre, ao considerar os CER's observaram uma TIR de 13,04 % e VPL de R\$ 2.969,71, mas não realizaram uma comparação com o sistema sem considerar os CER's.

Na relação benefício/custo pode-se observar que para cada Real investido na atividade o produtor teve um retorno de R\$1,30 no SAF cacau-cabruca e cacau-eritrina. E, de R\$1,10 no sistema cacau-seringueira, isso sem a inclusão do CER's. Resultados semelhantes foram obtidos por Sores e Silva (2017) e Santos (2011) em SAFs baseados em cacaueiros, R\$1,27 e R\$ 1,02, respectivamente.

Para um projeto ser considerado viável precisa ter um benefício/custo maior que uma unidade, visto que se o valor for igual a R\$ 1,00, significa que as receitas se igualam aos custos, não sendo um projeto lucrativo. E, quanto maior essa relação maior o lucro do produtor.

Já com a inclusão dos CER's a atividade apresentou um retorno maior, R\$ 1,46 no SAF cacau-cabruca, R\$1,45 no sistema cacau-eritrina e R\$1,21 no SAF cacau-seringueira, ou seja, o produtor terá um retorno do investimento maior ao se valorar o estoque de carbono no solo.

O SAF cacau-cabruca apresentou índices de viabilidade superiores aos do SAF cacau-eritrina, o que pode ser justificado pelo fato do estoque de carbono do primeiro ter sido maior. Segundo Cardoso (2019), a maior capacidade de estocagem ocorre nos sistemas agroflorestais em que se observam um maior número de espécies arbóreas e/ou arbustivas existentes por unidade de área. O cacau-cabruca tem maior densidade de plantas de cacau do que o cacau-eritrina, sendo 1250 plantas por hectare e 1111 por hectare, respectivamente. No SAF cacau-eritrina estudado tem 33 árvores de sombra por hectare. Já em relação ao SAF cacau-cabruca mesmo não tendo um valor fixo, Sambuichi(2002) encontrou no seu estudo 53 árvores por hectare em uma área no município de Ilhéus- BA. E, Sambuichi et al 2012 em um estudo em áreas na região do sudeste da Bahia encontraram uma variação de 43 a 284 (média de 121) de indivíduos por hectares.

O SAF cacau-cabruca preserva a mata nativa e reduz os custos de agrotóxicos, mas os produtores sofrem com a baixa produtividade (Cardoso, 2019). Os preços bastante oscilantes da cultura fazem também com que os produtores busquem alternativas ao cultivo do cacau (Cardoso, 2019). Uma saída para esse problema seria a valoração dos serviços ecossistêmicos.

O modelo cabruca sendo um sistema em meio da mata atlântica ainda é pouco valorizado por todos os benefícios ambientais que proporciona. Dessa forma, o modelo pode se tornar mais atrativo à medida que contabiliza os benefícios ambientais, através da valoração dos serviços ecossistêmicos. Se faz importante que este modelo seja valorizado pela importância ambiental na preservação da mata atlântica.

Zugaib et al. (2017) em SAFs cacau-cabruca mostraram a importância de se agregar valor ao sistema de produção, para o aumento da viabilidade do mesmo. Os autores realizaram um estudo que considerou o pagamento por serviços ambientais (PSAs - uso indireto (carbono) e o de opção (água)) e os resultados mostraram que a cabruca foi viável com e sem o pagamento destes serviços. Sem a adição de PSAs se obteve uma TIR de 19%, um VPL de R\$

7.747,38 e relação benefício/custo de 1,27. Ao se incluir os PSAs a TIR passou para 55%, o VPL para R\$ 26.112,25 e a relação benefício/custo subiu para 1,60. Os serviços ecossistêmicos agregaram valor ao SAF cacau-cabruca e apontaram o carbono e a água como serviços ecossistêmicos que passam a integrar o ciclo da agregação de valores neste modelo de SAF.

Observa-se que após a inclusão dos CER's o SAF cacau-seringueira foi aquele que apresenta maior valor dos índices econômicos, comparado aos SAF cacau-cabruca e cacau-eritrina. O que pode ser justificado pelo fato de ser o sistema com uma maior captura de CO<sub>2</sub> equivalente/ ano (17,5 Mg/ha), ou seja, maior carbono estocado/ano. Segundo Monroe et al. (2016), os SAFs cacau-seringueira favorecem mais o estoque de C no solo nas camadas superficiais possivelmente pela forte contribuição das raízes finas e adição de resíduos de ambas as espécies. Segundo Dea et al.(2001), 2,82 Mg C ha<sup>-1</sup> e decorrente da forte produção de raízes laterais durante o crescimento da seringueira. Além disso, o sistema cacau-seringueira apresentar uma segunda fonte de receita, o látex, que resulta no aumento da renda para o produtor.

Outra justificativa para o SAF cacau-seringueira ter obtido um valor maior de C estocado no solo seria a idade mais jovem do sistema. As altas taxas de acumulação de C podem ocorrer durante os períodos iniciais de implantação de SAFs e diminuir de forma gradativa, até chegar a estabilização do sistema (Isaac et al., 2005; Albrecht e kandji, 2003). Somarriba et al. (2013) também observaram que em SAFs-cacau de diferentes países da América Central, as taxas de acumulação de C foram maiores nos sistemas com menos de 10 anos de idade e que os valores foram diminuindo até os 35 anos.

Com os resultados obtidos observou-se que entre os três sistemas analisados o mais vantajoso economicamente foi o SAF cacau-seringueira, que obteve um maior ganho considerando o CER's. Sendo uma boa possibilidade de sistema a ser implementado em uma área já degradada, com o intuito de reconstituir um ambiente próximo ao florestal, recuperando a qualidade do solo. Embora se tenha a desvantagem de ter o maior custo de implementação e manutenção, a venda de créditos de carbono do projeto abate os custos de implantação da seringueira, conforme apontam Cotta et al. (2006).

Tabela 4. Índices de viabilidade dos SAFs cacau-cabruca, cacau-eritrina, cacau-seringueira, sem e com crédito de carbono.

VPL = Valor Presente Líquido; TIR= Taxa Interna de Retorno VAE= Valor Anual Equivalente; B/C= relação Benefício/Custo; CER's = Certificado de Emissão Reduzida.

<b>SAFs</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>VAE (R\$)</b>	<b>B/C</b>
Cacau-cabruca sem CER's	16.701,71	14	1.456,13	1,3
Cacau-cabruca com CER's	25.983,63	18	2.265,37	1,5
Cacau-eritrina sem CER's	16.376,71	14	1.427,80	1,3
Cacau-eritrina com CER's	25.443,87	18	2.218,31	1,5
Cacau-seringueira sem CER's	13.317,62	8,6	1.161,09	1,1
Cacau-seringueira com CER's	28.271,83	11	2.464,87	1,2

#### 4.3. Análise de sensibilidade

De acordo com as variáveis selecionadas para realização da análise de sensibilidade, o preço de venda do cacau foi aquele de maior impacto sobre a rentabilidade dos sistemas (Tabela 5). Uma redução de 10% no preço do cacau, sem considerar os CER's, provocaria um decréscimo de 42% no VPL e reduziria, em 3% a TIR, para o SAF cacau-cabruca. No cacau-eritrina haveria decréscimos de 43% e 3% e no SAF cacau-seringueira os decréscimos seriam de 52% no VPL e uma redução de 1,3% sobre a TIR (Tabela 5). Estes resultados ressaltam a dependência do preço do produto para a viabilidade dos SAFs cacau. O cacau é a commodity de mais alto índice de instabilidade nos preços quando comparada a outras culturas agrícolas. Este é um mercado bastante instável e especulativo, envolto em inúmeros fatores como questões climáticas, políticas, más colheitas e outros (Fontes, 2013).

A mão de obra se destacou como a segunda variável de maior impacto (Tabela 5), por ser o cacau um cultivo agrícola que utiliza práticas manuais em todas as etapas do cultivo e durante quase todo o ano. O cultivo do cacau, especialmente no sul da Bahia, é realizado em regiões com topografia acidentada

e, portanto, pouco propício à mecanização, o que proporciona aumento de custos decorrente da mão de obra (Cotta et al., 2006).

Quando considera a variável insumos verifica que o VPL teve redução de aproximadamente 1%. No caso do valor da terra a redução foi de 3%. A TIR para estas duas variáveis teve redução de menos de 0,5% (Tabela 5). Estes resultados sugerem que os SAFs cacau são sistemas em que são reduzidos os investimentos quanto à aquisição dos insumos. E, também, sugere uma pequena oscilação no valor da terra na região em estudo.

Ao se incluir os CER's na análise de sensibilidade para o SAF cacau-cabruca, verificou-se que a redução do preço do cacau levou a um decréscimo do VPL de 27% e de 18% ao se considerar o custo da mão de obra, ou seja, 15 e 10% menos redução comparado aos resultados sem CER's, respectivamente. A TIR, por sua vez, apresentou uma redução próxima dos valores sem CER's para ambas as variáveis. O SAF cacau-eritrina teve comportamento similar ao modelo cabruca. Para o SAF cacau-seringueira os resultados foram um pouco diferentes ao se considerar o preço do cacau. O decréscimo do VPL foi 28% inferior comparado aos resultados sem CER's. Para a mão de obra os resultados foram similares aos demais SAFs. A TIR, por sua vez, apresentou redução bem inferior para estas duas variáveis, porém, a diferença com e sem os CER's foi pouco acentuada. Os insumos e o valor da terra tiveram pouca influência na análise de sensibilidade em todos os SAFs cacau (Tabela 5).

Também pode-se observar que a redução do preço do crédito de carbono em 10% causa um decréscimo de -3,8%, -3,5%, -4,9% no VPL e de -0,5%, -0,4%, - 0,3% na TIR, nos SAFs cacau-cabruca, cacau-eritrina e cacau-seringueira, respectivamente (Tabela 5). Sendo assim, o preço do CER's é uma variável de menor impacto na viabilidade do sistema, ou seja, a queda no preço do crédito de carbono não afetaria tanto a viabilidade do projeto, quando comparado com a queda do preço do cacau e o aumento da mão de obra.

Os resultados mostram que, em todas as formas de SAFs-cacau estudadas, os sistemas apresentam uma produção viável economicamente, no entanto, ao incluir os CER's os resultados econômicos melhoram significativamente. Assim, além de todos os benefícios ambientais e agrícolas, esses sistemas possibilitam uma oportunidade de obter mais uma fonte de renda



a partir do valor agregado do estoque de carbono, o que é um atrativo para os produtores aderirem a esse tipo de sistema de produção.

A viabilidade pode ser ainda maior se considerar o estoque de carbono na biomassa arbórea, visto que no presente trabalho se considerou somente o estoque de carbono no solo. Logo, uma proposta que considere as duas formas de estoque pode agregar um valor maior ao carbono, sendo um atrativo para o produtor.

Isso além de contribuir para a redução do gás carbono atmosférico ( $\text{CO}_2$ ), pode auxiliar na recuperação de áreas degradadas rurais, estimular o incremento de áreas com boa capacidade produtiva. Produzindo de forma harmônica, alimentos e produtos florestais, proporcionando a redução dos impactos à vegetação nativa (Rodrigues et al., 2007).

Tabela 5. Valores de VPL e TIR e seus respectivos decréscimos (ao se considerar as variáveis preço do cacau, mão de obra, insumos e terra) decorrente de variação desfavorável de 10% (elevando itens de custo e reduzindo o preço do produto; e o preço do crédito do carbono) nos SAFs cacau-cabruca, cacau-eritrina, cacau-seringueira

<b>SAF cacau-cabruca</b>				
Sem CER's	VPL (R\$)	Decréscimo VPL(%)	TIR	Decréscimo TIR (%)
Preço do cacau	9.711,35	-42	10,80%	-3,0
Mão de Obra	11.937,12	-29	11,67%	-2,3
Insumos	16.480,85	-1,3	13,90%	-0,1
Terra	16.201,71	-3,0	13,61%	-0,4
Com CER's	VPL (R\$)	(%)	TIR	%
Preço do cacau	18.993,28	-27	16%	-2,8
Mão de Obra	21.219,05	-18	16%	-2,4
Insumos	25.762,78	-0,9	18%	-0,1
Crédito de carbono	24.992,26	-3,8	18%	-0,5
<b>SAF cacau-eritrina</b>				
Sem CER's	VPL (R\$)	(%)	TIR	Variação percentual
Preço do cacau	R\$ 9.386,35	-43	11%	-3
Mão de Obra	R\$ 11.579,62	-29	11%	-2,3
Insumos	R\$ 16.155,85	-1,4	14%	-0,1
Terra	R\$ 15.876,71	-3,0	13%	-0,4
Com CER's	VPL	(%)	TIR	Variação percentual
Preço do Cacau	R\$ 18.453,52	-27,47	15%	-2,8
Mão de obra	R\$ 20.861,55	-18,85	16%	-2,4
Insumos	R\$ 20.646,79	-00,85	18%	-0,1
Crédito de carbono	R\$ 24.667,26	-3,51	16%	-0,4
<b>SAF cacau-seringueira</b>				
Sem CER's	VPL	(%)	TIR	Variação percentual
Preço do Cacau	R\$ 6.327,26	-52	7,2%	-1,3
Mao de Obra	R\$ 8.520,53	-36	7,6%	-0,9
Insumos	R\$ 13.096,76	-1,7	8,5%	-0,0
Terra	R\$ 12.982,87	-1,7	8,4%	-0,1
Com CER's	VPL	(%)	TIR	Variação percentual
Preço do Cacau	R\$ 21.281,48	-24,73	10,07%	-1,2
Mao de Obra	R\$ 22.659,65	-19,85	10,36%	-0,9
Insumos	R\$ 28.050,98	-0,78	11,22%	-0,0
Crédito de carbono	R\$ 26.878,91	-4,93	11,00%	-0,3

## 5. CONCLUSÃO

Pelos critérios econômicos utilizados, verificou-se que os Sistemas Agroflorestais baseados em cacauzeiros apresentados nesse trabalho são viáveis por si só e a viabilidade desses projetos aumenta, consideravelmente, com a inclusão dos créditos de carbono, considerando somente o estoque de carbono do solo.

Ao se considerar a inclusão dos CER's pode-se concluir que entre os três sistemas analisados o mais vantajoso economicamente seria o SAF, baseado em cacauzeiros com seringueira.

A agregação de valor obtido a partir dos serviços ecossistêmicos se mostra como uma possibilidade de resolver o problema da baixa produtividade encontrada pelos produtores no SAFs baseados em cacauzeiros no modelo cabruca.

O Preço do cacau é a variável que mais interfere na viabilidade dos sistemas. A mão de obra tem um grande impacto no custo, mas contribui de forma significativa na geração de emprego e renda no meio rural e, logo, no desenvolvimento sustentável, característica desejada nos projetos de MDL.

A capacidade de estocar carbono e gerar CER's torna os sistemas de cacauzeiros uma opção de projeto de MDL, com potencial de aprovação pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas.

## 6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, A., Kandji, S.T (2003) Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99:15–27.
- Almeida, M.V.C., Souza, V.D., Costa, R.S.C., Vieira, A.H., Rodrigues, A.N.A., Costa, J.N.M., Junior, R.S. M. (1995) *Sistemas Agroflorestais como alternativa auto-sustentável para o Estado de Rondônia*. Porto Velho: PLANAFLORO, 59p.
- Altieri, M. (2002) *Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável*. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 400p.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I. (2005) *Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture*. 1 ed. Mexico: United Nations Environmental Programme, 291p.
- Alvim, R. (1989) O cacaeiroseiro (*Theobroma cacao* L.) em sistemas agrossilviculturais. *Agrotrópica*, 1 (2):89-103.
- Amaro, M.A., Soares, C.P.B. Souza, A.L.D., Leite, H.G., Silva, G.F.D. (2013) Estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 37(5):849-857.
- Andrade, D.C., Romeiro, A.R. (2009B) Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. *IE/UNICAMP*, 155:1-44.
- Bellia, V. (1996) *Introdução à Economia do Meio Ambiente*. Brasília: IBAMA, 262p.

- Bentes-Gama, M.M., Silva, M.L., Vilcahuamán, L.J.M., Locatelli, M. (2005) Análise econômica de Sistemas Agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho D'Oeste - RO. *Revista Árvore*, 29(3):401-411.
- Buarque, C. (1991) *Avaliação econômica de projetos*. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 266p.
- Cardoso, G. (2019) *Análise de viabilidade econômica dos principais modais de produção de cacau no Sul da Bahia: Cabruca e SAF Cacau-Seringueira*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Campinas - SP, Universidade Estadual de Campinas, 94p.
- Cerri, C.C., Cerri, C.E.P. (2007) Agricultura e aquecimento global. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1):40-44.
- CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2012) *Mercado agropecuário de redução de emissões*. Brasília: ICNA, 51p.
- Cotta, M.K., Gonçalves, L.A., Nogueira, H. (2008) Biomass Quantification and Emission Reduction Certificates for Rubber - Cocoa Intercropping. *Revista Árvore*, 32(6):969- 978.
- Cotta, M.K., Gonçalves, L.A., Nogueira, H, Silva, M.L, Valverde, S.R., Virgens Filho, A.C. (2006) Análise Econômica do Consórcio Seringueira-Cacau para Geração de Certificados de Emissões Reduzidas. *Revista Árvore*, 30(6):969-979.
- Duque, E. González, J., Restrepo, J. (2017) The clean development mechanism as a means to assess the Quioto Protocol in Colombia. *Int. J. Renew. Energy Res*, 7(3):1205-1212.
- Engel, S., Pagiola, S., Wunder, S. (2008) Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics*, 65(4):663-674.
- Fontes, A.G., Gama-Rodrigues, A.C., Gama-Rodrigues, E.F., Sales, M.V.S., Costa, M.G., Machado, R.C.R. (2014) Nutrient stocks in litterfall and litter in cocoa agroforests in Brazil. *Plant and Soil*, 383(1-2): 313-335.
- Fontes, M.J.V. (2013) *Do cacau ao chocolate: trajetória, inovações e perspectivas das micro e pequenas agroindústrias de cacaueros/chocolate*. Tese (Doutorado em Economia) – Rio de Janeiro – RJ, Universidade Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 216p.

- Fronzizi, I.M.R.L. (Ed.). (2009) *O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: guia de orientação-2009*. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, 130p.
- Gama-Rodrigues, E.F., Nair, P.K.R., Nair, V.D., Gama-Rodrigues, A.C., Baligar, V., Machado, R.C.R. (2010) Carbon storage in soil size fractions under two cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. *Environmental Management*. 45:274:283.
- Glória, H.S. (2010) *Crédito de Carbono*. Trabalho de conclusão de curso (ciências contábeis) – Nova Lima – MG, Faculdade Milton Campos, 59p.
- ICCO. International Cocoa Organization (2020). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLVI Nº2, Ano 2019-2020. Disponível em: <https://www.icco.org/junho-2020-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>. Acesso em: 22 de junho de 2020.
- Isaac, M.E., Gordon, A.M., Thevathasan, N., Oppong, S.K., Quashie-Sam, J. (2005) Temporal changes in soil carbon and nitrogen in west African multistrata agroforestry systems: a consequence of pools and fluxes. *Agroforestry Systems*, 65:23-31.
- Jose, S. (2009) Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76:1-10.
- Kirsch, H.M., Schneider, S. (2016) Vulnerabilidade social às mudanças climáticas em contextos rurais. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 31:1-15.
- Kitamura, P.C., Rodrigues, G.S. (2001) Valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais: métodos, problemas e perspectivas. In: *III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais*. 1 ed. Manaus: Embrapa, p. 55-59.
- Lagos, A.R., Muller, B.L.A. (2007) Hotspot brasileiro: Mata Atlântica. *Saúde e Ambiente em Revista*, 2(1):35-45.
- Landau, E.C. (2003) Padrões de ocupação espacial da paisagem na Mata Atlântica do sudeste da Bahia, Brasil. In: Prado P. I., Landau E. C., Moura R. T., Pinto L. P. S., Fonseca G. A. B., Alger K. (orgs.). *Corredores de Biodiversidade na Mata Atlântica do Sul da Bahia*. Ilhéus: IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP, p.10-35.
- Lessa, A.D.S., Timofeiczky Junior, R., Silva, Z.A.G.P.D.G., Santos, A.S.J.D., Hoeflich, V.A. (2016) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo Florestal e a Heveicultura no Estado do Acre. *Floresta e Ambiente*, 23(3): 378-386.

- Limiro, D. (2009) *Créditos de Carbono: Protocolo de Kyoto e projetos de MDL*. Curitiba: Juruá, 169 p.
- Lobão, D.E., Setenta, W.C., Santos, E.S, Curvelo, K., Lobão, E.S P., VALLE, R.R. (2011) Sistema cacau cabruca e a Mata Atlântica: diversidade arbórea, conservação e potencial de produção. *Agrotrópica* 23(2,3):115 -124.
- Lopes, I.V. (2002) *O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo-MDL. Guia de Orientação*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 90p.
- Lorenzoni Neto, A. (2009) *Contrato de créditos de carbono: Análise crítica das mudanças climáticas*. 1. ed. Curitiba: Juruá, 154p.
- Machado, P. L. O. A. (2005) Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Química Nova*, 28(2): 329-334.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2012). Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: MAPA/ACS, 173 p.
- Marques, J.R.B., Monteiro, W.R., Lopes, U.V., Valle, R.R. (2012) O cultivo do cacau em Sistemas Agroflorestais com a seringueira. In: VALLE, R.R. (Ed.). *Ciência, tecnologia e manejo do cacaueroeiro*. 2. ed. Ilhéus: CEPLAC, 437-466.
- May, P.H., Trovatto, C.M.M. (Coord.). (2008) *Manual agroflorestal para a Mata Atlântica*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, 196p.
- May, P. *Economia do meio ambiente*. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 379p.
- MMA. Ministério do Meio ambiente. Acordo de Paris. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2020.
- Monroe, P.H.M., Gama-Rodrigues, E.F., Gama-Rodrigues, A.C., Marques, J.R.B. (2016) Soil carbon stocks and origin under different cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. *Agriculture, Ecosystems e Environment*, 221: 99-108.
- Montagnini, F., Nair, P.K.R. (2004) Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 61:281-295.

- Moreira, H.M., Giometti, A. B. R. (2008) Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no mecanismo de desenvolvimento limpo por meio de projetos em energia limpa. *Contexto internacional*. 30(1):9-47.
- Müller, M.W, Gama-Rodrigues, A.C. (2012) Sistemas Agroflorestais com o cacau. In: VALLE, R.R. (Ed.). *Ciência, tecnologia e manejo do cacau*. 2. ed. Ilhéus: CEPLAC, 407-436.
- Myers, N., Mittermeie, R.A., Mittermeie, C.G., Fonseca, A.B., Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403:853-858.
- Nishi, M.H., Jacovine, L.A.G., Silva, M.L.D., Valverde, S.R., Nogueira, H.D.P., Alvarenga, A.D.P. (2005) Influência dos créditos de carbono na viabilidade financeira de três projetos florestais. *Revista Árvore*, 29(2):263-270.
- Ometto, J.P., Martinelli, L.A. (2008) Ciclos Biogeoquímicos. In: Buckeridge, M. S. (Ed) *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: Rima, 316p.
- Pagiola, S., Platais, G. (2007) Payments for Environmental Services: From Theory to Practice. *Washington: World Bank*, 7(12):197-220.
- Parron, L.M., Garcia, J.R., Oliveira, E.B., Brown, G.G., Prado, R.B. (2015). *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica*. 1. ed. Brasília: Embrapa Florestas, 370p.
- Piasentin, F.B., Saito, C.H. (2014) Os diferentes métodos de cultivo de cacauzeiros no sudeste da Bahia, Brasil: aspectos históricos e percepções. *Ciências Humanas*, 9: 61-78.
- Rodrigues, E.R., Cullen, L.J, Beltrame, T.P, Moscolliato, A.V., Silva, I.C. (2007) Avaliação econômica de Sistemas Agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *Revista Árvore*, 31(5):941-948.
- Salgado, G.M. (2016) Estoque de carbono orgânico do solo em sistemas agroflorestais com seringueira no sul do estado da Bahia, Brasil. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 70p.
- Sambuichi, R.H.R., Haridasan, M. (2007) Recovery of species richness and conservation of native Atlantic forest trees in the cacao plantations of southern Bahia in Brazil. *Biodiversity Conservation*, 16:3681-3701.
- Sambuichi, R.H.R., Vidal, D.B., Piasentin, F.B., Jardim, J.G., Viana, T.G., Menezes, A.A., Mello, D.L.N., Ahnert, D., Baligar, V.C. (2012)



- Cabrucaagroforests in Southern Bahia, Brazil: tree component, management practices and tree species conservation. *Biodiversity and Conservation*, 21(4):1055-1077.
- Sambuichi, R.H.R. (2002) Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas em cabruca (Mata Atlântica raleada sobre plantação de cacau) na região sul da Bahia, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 16(1): 89-01.
- Sampaio, G., Marengo, J., Nobre, C. (2008) A atmosfera e as mudanças climáticas. In: Buckeridge, M. S. (Ed) *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: Rima, p. 5-28.
- Santana, S.O., Mota, J.R., Araújo, Q.R., Mendonça, J.R., Faria Filho, A.F. (2011) *Atualização da classificação de solos da região sudeste da Bahia, Brasil*. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 98p.
- Santos, E. (2001) *Administração financeira da pequena e mediana empresa*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 254p.
- Santos, M.J.C.D., Paiva, S.N.D. (2002) Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. *Ciência Florestal*, 12(1):135-141.
- Schroth, G., Moraes, V.H.D.F., Mota, M.S.S. (2004) Increasing the profitability of traditional, planted rubber agroforests at the Tapajós river, Brazilian Amazon. *Agriculture, ecosystems e environment*, 102(3):319-339.
- Silva, M.L., Jacovine, L.A.G., Valverde, S.R. (2005) *Economia florestal*. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 178p.
- Soares, N.S., Silva, M.L. (2017) Análise econômica do Consórcio Seringueira-Cacau no sul da Bahia, 2015. *Rev. de Economia Agrícola*, 64(1): 21-35.
- Somarriva, E., Cerda, R., Orozco, L., Cifuentes, M., Dávila, H., Espin, T., Astorga, C. (2013) Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, ecosystems & environment*, 173:46-57.
- Stavi, I., Lal, R. (2013) Agroforestry and biochar to offset climate change: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1):81-96.
- Valdetaro, E.B., Silva, F.L.D., Ribeiro, S.C., Jacovine, L.A.G. (2011) Contribuição dos créditos de carbono na viabilidade econômica dos contratos de fomento florestal no sul da Bahia. *Revista Árvore*, 35(6):1307-1317.

- Varela, L.B., Santana, A.C.D. (2009) Aspectos econômicos da produção e do risco nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola em Tomé-Açu, Pará-2001 a 2003. *Revista Árvore*, 33(1):151-160.
- Wise, R., Cacho, O. (2005) A bioeconomic analysis of carbon sequestration in farm forestry: a simulation study of *Gliricidia sepium*. *Agroforestry Systems*, 64(3), 237-250.
- Wunder, S. (2005) "Payments for environmental services: Some nuts and bolts." *CIFOR Occasional Paper*, 42:3-4.
- Zugaib, A.C.C., Lobão, D.E., Paula, F.C.F., Chunha, J.M. (2017) *Valoração ambiental do sistema cacau cabruca para efeito de crédito rural em Barro Preto, Bahia*. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 48p.

## APÊNDICE

**Tabela 1.** Fluxo de caixa sistema agroflorestal baseado em cacauzeiros (cabruca) sem CER's

<b>Anos</b>	<b>Custos</b>	<b>Receita</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Fluxo de caixa Acumulado</b>
<b>1</b>	13.185,6	0,00	-13.185,60	-13.185,60
<b>2</b>	2.366,56	0,00	-2.366,56	-15.552,16
<b>3</b>	2.105	0,00	-2.105,00	-17.657,16
<b>4</b>	2.545	3.925,00	1.380,00	-16.277,16
<b>5</b>	4.170	7850,00	3.680,00	-12.597,16
<b>6</b>	4.195	7850,00	3.655,00	-8.942,16
<b>7</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	-5.262,16
<b>8</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	-1.582,16
<b>9</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	2.097,84
<b>10</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	5.777,84
<b>11</b>	4.195	7.850,00	3.655,00	9.432,84
<b>12</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	13.112,84
<b>13</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	16.792,84
<b>14</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	20.472,84
<b>15</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	24.152,84
<b>16</b>	4.195	7.850,00	3.655,00	27.807,84
<b>17</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	31.487,84
<b>18</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	35.167,84
<b>19</b>	4.170	7.850,00	3.680,00	38.847,84
<b>20</b>	4170	1.2850,00	8.680,00	47.527,84

**Tabela 2.** Fluxo de caixa sistema agroflorestal baseado em cacauzeiros (cabruca) com CER's

<b>Anos</b>	<b>Custos</b>	<b>Receita</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Fluxo de caixa Acumulado</b>
<b>1</b>	13.817,40	815,4	-13.002,00	-13.002,00
<b>2</b>	2.366,56	815,4	-1.551,16	-14.553,16
<b>3</b>	2.105,00	815,4	-1.289,60	-15.842,76
<b>4</b>	2.545,00	4740,4	2.195,40	-13.647,36
<b>5</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	-9.151,96
<b>6</b>	4.195,00	8665,4	4.470,40	-4.681,56
<b>7</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	-186,16
<b>8</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	4.309,24
<b>9</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	8.804,64
<b>10</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	13.300,04
<b>11</b>	4.195,00	8665,4	4.470,40	17.770,44
<b>12</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	22.265,84
<b>13</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	26.761,24
<b>14</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	31.256,64
<b>15</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	35.752,04
<b>16</b>	4.195,00	8665,4	4.470,40	40.222,44
<b>17</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	44.717,84
<b>18</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	49.213,24
<b>19</b>	4.170,00	8665,4	4.495,40	53.708,64
<b>20</b>	4.170,00	13665,4	9.495,40	63.204,04

**Tabela 3.** Fluxo de caixa sistema agroflorestal baseado em cacauzeiros com eritrina sem CER's

<b>Anos</b>	<b>Custos</b>	<b>Receita</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Fluxo de caixa Acumulado</b>
<b>1</b>	13.510,60	0,00	-13.510,60	-13510,6
<b>2</b>	2.366,56	0,00	-2.366,56	-15877,2
<b>3</b>	2.105,00	0,00	-2.105,00	-17982,2
<b>4</b>	2.545,00	3.925,00	1.380,00	-16602,2
<b>5</b>	4.170,00	7850,00	3.680,00	-12922,2
<b>6</b>	4.195,00	7850,00	3.655,00	-9267,16
<b>7</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	-5587,16
<b>8</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	-1907,16
<b>9</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	1772,84
<b>10</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	5452,84
<b>11</b>	4.195,00	7.850,00	3.655,00	9107,84
<b>12</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	12787,84
<b>13</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	16467,84
<b>14</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	20147,84
<b>15</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	23827,84
<b>16</b>	4.195,00	7.850,00	3.655,00	27482,84
<b>17</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	31162,84
<b>18</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	34842,84
<b>19</b>	4.170,00	7.850,00	3.680,00	38522,84
<b>20</b>	4.170,00	1.2850,00	8.680,00	47202,84

**Tabela 4.** Fluxo de caixa sistema agroflorestal baseado em cacauzeiros com eritrina com CER's

<b>Anos</b>	<b>Custos</b>	<b>Receita</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Fluxo de caixa Acumulado</b>
<b>1</b>	14.124,85	792,75	-13.332,10	-13.332,10
<b>2</b>	2.366,56	792,75	-1.573,81	-14.905,91
<b>3</b>	2.105,00	792,75	-1.312,25	-16.218,16
<b>4</b>	2.545,00	4.717,75	2.172,75	-14.045,41
<b>5</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	-9.572,66
<b>6</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	-5.099,91
<b>7</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	-627,16
<b>8</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	3.845,59
<b>9</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	8.318,34
<b>10</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	12.791,09
<b>11</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	17.263,84
<b>12</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	21.736,59
<b>13</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	26.209,34
<b>14</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	30.682,09
<b>15</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	35.154,84
<b>16</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	39.627,59
<b>17</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	44.100,34
<b>18</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	48.573,09
<b>19</b>	4.170,00	8.642,75	4.472,75	53.045,84
<b>20</b>	4.170,00	13.642,75	9.472,75	62.518,59

**Tabela 5.** Fluxo de caixa sistema agroflorestal baseado em cacauzeiros com seringueira sem CER's

<b>Anos</b>	<b>Custos</b>	<b>Receita</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Fluxo de caixa Acumulado</b>
<b>1</b>	35.797,24	0,00	-35.797,24	-35.797,24
<b>2</b>	5.900,47	0,00	-5.900,47	-41.697,71
<b>3</b>	5.638,91	0,00	-5.638,91	-47.336,62
<b>4</b>	7.655,00	6.081,44	-1.573,56	-48.910,18
<b>5</b>	9.280,00	12.079,94	2.799,94	-46.110,24
<b>6</b>	9.305,00	14.389,50	5.084,50	-41.025,74
<b>7</b>	9.280,00	15.927,08	6.647,08	-34.378,66
<b>8</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	-26.576,80
<b>9</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	-18.774,94
<b>10</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	-10.973,08
<b>11</b>	9.305,00	17.081,86	7.776,86	-3.196,22
<b>12</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	4.605,64
<b>13</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	12.407,50
<b>14</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	20.209,36
<b>15</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	28.011,22
<b>16</b>	9.305,00	17.081,86	7.776,86	35.788,08
<b>17</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	43.589,94
<b>18</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	51.391,80
<b>19</b>	9.280,00	17.081,86	7.801,86	59.193,66
<b>20</b>	9.280,00	22.081,86	12.801,86	71.995,52

**Tabela 6.** Fluxo de caixa sistema agroflorestal baseado em cacauzeiros com seringueira com CER's

<b>Anos</b>	<b>Custos</b>	<b>Receita</b>	<b>Fluxo de caixa</b>	<b>Fluxo de caixa Acumulado</b>
<b>1</b>	36.815,14	1.313,70	-35.501,44	-35.501,44
<b>2</b>	5.900,47	1.313,70	-4.586,77	-40.088,21
<b>3</b>	5.638,91	1.313,70	-4.325,21	-44.413,42
<b>4</b>	7.655,00	7.395,14	-259,86	-44.673,28
<b>5</b>	9.280,00	13.393,64	4.113,64	-40.559,64
<b>6</b>	9.305,00	15.703,20	6.398,20	-34.161,44
<b>7</b>	9.280,00	17.240,78	7.960,78	-26.200,66
<b>8</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	-17.085,10
<b>9</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	-7.969,54
<b>10</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	1.146,02
<b>11</b>	9.305,00	18.395,56	9.090,56	10.236,58
<b>12</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	19.352,14
<b>13</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	28.467,70
<b>14</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	37.583,26
<b>15</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	46.698,82
<b>16</b>	9.305,00	18.395,56	9.090,56	55.789,38
<b>17</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	64.904,94
<b>18</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	74.020,50
<b>19</b>	9.280,00	18.395,56	9.115,56	83.136,06
<b>20</b>	9.280,00	23.395,56	14.115,56	97.251,62