



## **ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

### **ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RESTAURAÇÃO DA RESERVA LEGAL NA MATA ATLÂNTICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA - SP**

Por

**PRISCILA COUTINHO RIBAS FERREIRA**

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO**

**PROF. DR. RENATO SOARES ARMELIN  
PROF. DR. CLAUDIO VALLADARES PADUA  
PROF. DR. CARLOS AUGUSTO KLINK**

**SÃO PAULO, 2022**

**“ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA RESTAURAÇÃO DA RESERVA LEGAL  
NA MATA ATLÂNTICA NO PONTAL DE PARANAPANEMA - SP”**

**Priscila Coutinho Ribas Ferreira**

Produto final apresentado ao IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável

Nazaré Paulista, 01 de agosto de 2022.

*RENATO SOARES ARMELIN*

---

Prof Dr Renato Soares Armelin (Orientador)

*Cláudio Benedito Valladares Padua*

---

Prof Dr Claudio Benedito Valladares Padua

*Carlos Augusto Klink*

---

Prof Dr Carlos Augusto Klink

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais e minha irmã pelo apoio, paciência e torcida durante minha vida profissional e pelo carinho e amor incondicional em todos os aspectos, amo vocês.

Ao Claudio pela ajuda com a escolha do tema, Klink pelas referências compartilhadas, e às sugestões de ambos ao longo da elaboração do trabalho. Ao Renato pela paciência em responder as mesmas perguntas várias vezes por e-mail e vídeo, pela disponibilidade para reuniões e pelas dicas e ensinamentos mesmo antes de ser oficialmente meu orientador. Muito obrigada aos três por todo apoio, tempo dedicado à orientação, pela animação que sempre demonstraram com o trabalho e pela tranquilidade passada em todos os nossos encontros.

Obrigada aos colegas de turma que trouxeram um pouco de leveza para esses anos caóticos de COVID durante as aulas, encontrinhos virtuais e “podcasts” de whatsapp. Os encontros presenciais foram poucos, mas muito bem aproveitados, tenho um carinho imenso por todos e espero revê-los muitas vezes ainda.

Muito obrigada pela confiança, gentileza e disponibilidade para conversas de todos que contribuíram compartilhando dados e informações referentes aos custos.

## Sumário

AGRADECIMENTOS .....	3
LISTA DE TABELAS .....	6
RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	8
1. INTRODUÇÃO .....	9
2. OBJETIVOS .....	11
2.1 Pergunta principal .....	11
2.2 Objetivo geral .....	11
2.3 Objetivos específicos .....	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1 A Mata Atlântica e as Reservas Legais.....	12
3.2 Serviços ecossistêmicos .....	13
3.3 Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE).....	14
3.4 O mercado de carbono.....	15
3.5 Motivação para conservar .....	18
3.6 Atividades agrícolas .....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	20
4.1 Área de estudo.....	20
4.2 Análise econômica .....	21
4.3 Fluxos da soja e da restauração .....	22
4.3.1 Diferença entre os modelos.....	24
4.3.2 Custos e receitas da soja .....	26
4.3.3 Impostos da soja .....	26
4.3.4 Custos e receitas da restauração .....	27
4.3.5 Impostos da Restauração.....	30
4.4 Análise de sensibilidade.....	30
5. RESULTADOS.....	32
5.1 O custo de oportunidade.....	32
5.2 Cenários em que a restauração ultrapassa o custo de oportunidade .....	34
5.3 Preço mínimo e custos com maior contribuição.....	36
5.4 Ano de retorno do investimento .....	37
6. DISCUSSÃO.....	38
6.1 Custos vs. dados da literatura.....	38

6.2	Incentivos para projetos ARR.....	39
6.3	Preço de venda do crédito de carbono .....	43
7.	CONCLUSÃO .....	44
8.	REFERÊNCIAS.....	44
9.	ANEXO .....	53

## LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
<b>Tabela 1</b> – Variação entre os modelos com aplicação de diferentes subsídios, afetando o custo do capital de terceiros, a WACC e a cobrança ou não do PIS e COFINS. O custo do capital corresponde a taxa de retorno esperada, no caso do capital de terceiros costuma ser uma taxa de juro. Já o peso do capital, é a porcentagem que o capital próprio ou de terceiros ocupa no investimento. Modelos S0 e R0 sem subsídios, S1 e R1 apenas com subsídio creditício, S2 e R2 apenas com subsídio fiscal e S3 e R3 com subsídio creditício e fiscal.....	24
<b>Tabela 2</b> – Etapas da elaboração de projeto de carbono e certificação dos créditos que foram incluídas no fluxo de caixa, com indicação do primeiro ano que o custo ocorreu e a frequência que ele se repete ao longo dos 25 anos.....	29
<b>Tabela 3</b> - Preço de venda da saca de 60kg de soja e da tonelada de carbono equivalente e produtividade da produção de soja (saca/ha) em cenário atual, otimista e pessimista. ....	32
<b>Tabela 4</b> – VPL e TIR de cada modelo da soja (S0, S1, S2 e S3) e da restauração em larga escala (R0, R1, R2 e R3) em todas as combinações de cenário de preço de venda, produtividade ( <b>Tabela 3</b> ) e técnica de plantio (restauração com plantio de muda, sem redução de custo e restauração com técnica de muvuca com redução de 25% e 50% nos custos com o restauro). S0 e R0 correspondem aos modelos sem subsídio; S1 e R1 aos modelos com subsídio creditício; S2 e R2 aos modelos com subsídio fiscal e S3 e R3 aos modelos com subsídio fiscal e creditício. Os valores pintados de cinza correspondem a cenários inviáveis, com VPL negativo.....	33
<b>Tabela 5</b> – Preço de venda de crédito mínimo e competitivo com o maior VPL da soja (R\$65.909,04) para restauração com plantio de mudas em larga e restauração passiva em pequena escala e seus respectivos VPL e TIR para todos os modelos.....	36
<b>Tabela 6</b> - Ano de retorno do investimento para cada um dos modelos da soja e da restauração em larga escala com diferentes técnicas de plantio em cenários economicamente viáveis. Produção iniciada no ano de 2021 e concluída em 2045.....	37
<b>Tabela 7</b> - Diferença (em %) entre VPL dos modelos da restauração em larga e escala e dos modelos soja. ....	53
<b>Tabela 8</b> - Custos totais (R\$/ha) de 25 anos e porcentagem de participação de cada etapa da produção de soja para os modelos S0, S1, S2 e S3 no cenário de preço de venda e produtividade otimistas.....	54
<b>Tabela 9</b> - Total de custos (R\$/ha) em 25 anos e porcentagem de contribuição de cada etapa da restauração em larga escala para todos os modelos no cenário de preço de venda otimista. ....	55
<b>Tabela 10</b> - Total de custos (R\$/ha) em 25 anos e porcentagem de contribuição de cada etapa da restauração em pequena escala para todos os modelos no cenário de preço de venda otimista. ....	56

## RESUMO

Resumo do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

### ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RESTAURAÇÃO DA RESERVA LEGAL NA MATA ATLÂNTICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA - SP

Por

Priscila Coutinho Ribas Ferreira  
Julho de 2022

Orientador: Prof. Dr. Renato Soares Armelin

O Brasil é um país de interesse para a agricultura e para o meio ambiente devido suas particularidades referentes a biodiversidade e de sua atuação no agronegócio internacional. Com o alto passivo ambiental de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL) em área de Mata Atlântica e a possibilidade de compensação ambiental dessas áreas fora da propriedade rural é preciso entender como o custo da restauração e eventual ganho ambiental se compara com a prática agrícola. Para isso, foi feita uma análise da viabilidade econômica da restauração florestal em área de RL, apresentando a venda de créditos de carbono como sua principal fonte de renda e considerando como seu custo de oportunidade a de produção de soja, na região do Pontal do Paranapanema. Entre os modelos da restauração, o com subsídio fiscal e creditício apresentou melhor desempenho, como o Valor Presente Líquido (VPL) chegando a apresentar 20% a mais que o VPL da produção de soja em alguns cenários de produtividade e preço de venda. O valor mínimo de venda de crédito de carbono variou de R\$171,90 a R\$255,85 para restauração em larga escala e entre R\$491,20 e R\$907,50 para pequena escala. Recomenda-se a isenção de impostos sobre serviços (ISS) para projetos do tipo ARR, REDD+ e IFM com espécies nativas, a redução de custos ao longo da cadeia de projetos de restauração e incentivos ao mercado de carbono, como estabelecimento de um mercado regulado e de um preço mínimo para o crédito.

## **ABSTRACT**

Abstract do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

### **ANALYSIS OF THE ECONOMIC FEASIBILITY OF RESTORING LEGAL RESERVE IN THE ATLANTIC FOREST OF PONTAL DO PARANAPANEMA – SP**

By

Priscila Coutinho Ribas Ferreira  
July of 2022

Advisor: Prof. Dr. Renato Soares Armelin

Brazil is a country of interest for the agriculture and environment sectors due to its biodiversity, endemism and its performance in international agribusiness. With the high environmental liability of Permanent Protection Areas (PPA) and Legal Reserves (LR) in the Atlantic Rainforest and the possibility of environmental compensation outside of rural properties, it's necessary to understand the differences in economic attractiveness between restoration and agricultural crops. Hence, an analysis of the economic viability of restoration in LR considering the revenue of carbon credits sales as the main source of income and soy production as the opportunity cost, in the Pontal do Paranapanema region, was made. Among the restoration models, the one with credit and financial subsidy had the best performance, with the Net Present Value (NPV), presenting results 20% higher than the NPV of soybean production in some productivity and selling price scenarios. The minimum carbon credit price ranges from R\$171.90 to R\$255.85 for large-scale restoration and R\$491.20 and R\$907.50 for small-scale restoration. Exemption of tax over service for ARR, REDD+ and IFM projects with native species, cost reduction along the restoration cost chain and incentives of the Brazilian carbon market, such as establishing a regulated market and a minimum price for carbon credits are recommended.

## 1. INTRODUÇÃO

Os problemas gerados pela mudança global do clima e distúrbios causados pelo ser humano ao meio ambiente tem evidenciado as relações de interdependência entre economia e conservação ambiental. Atividades econômicas, principalmente as agrícolas, dependem de recursos naturais e do bom funcionamento dos ecossistemas (FAO, 2016). É cada vez mais frequente a perda de safras ou danos significativos a produção devido a eventos climáticos extremos (FAO, 2016; GAVRAS, 2021; ZAFALON, 2022). No Brasil, geralmente atividades agrícolas e atividades conservacionistas são tratadas como divergentes (MILHORANCE et al., 2022; ZELLHUBER, 2016). Enquanto para agricultura estratégias como a manutenção de Reservas Legais (RL) e Áreas de Proteção Permanente (APP) são encaradas como empecilhos ao desenvolvimento econômico, para a conservação, o avanço agrícola é encarado como sinônimo de desmatamento e outras ameaças ao meio ambiente (METZGER et al., 2019). O Brasil é um país de interesse para as duas áreas por possuir biomas únicos de interesse mundial, biodiversos e com altas taxas de endemismo (MITTERMEIER et al., 2011; MYERS et al., 2000), e por estar entre os maiores exportadores de produtos agrícolas, com 26,6% do PIB brasileiro oriundo do agronegócio em 2020 (CNA & CEPEA, 2021).

Atualmente há um crescente movimento de encorajamento de políticas que visam a mitigação dos potenciais danos das mudanças climáticas, a garantia de segurança alimentar, manutenção da biodiversidade, entre outros (MANSOURIAN; SGARD, 2019), a restauração florestal tem sido uma solução popular entre a sociedade civil e tomadores de decisão para solução dessas questões (CHAZDON et al., 2016). Do ponto de vista conservacionista, uma abordagem em escala de paisagem seria mais interessante para guiar ações de restauração, argumento respaldado pela ciência de ecologia de paisagens (TURNER, 2005; WU; HOBBS, 2017).

Essa abordagem é defendida também pela Restauração da Paisagem Florestal (RPF ou FLR, do inglês “Forest Landscape Restoration”) que, diferente da ecologia de paisagens que se concentra mais em ambiente acadêmico, tem influenciado decisões e acordos políticos, como o Desafio de Bonn (MANSOURIAN, 2021) (o progresso do Desafio de Bonn pode ser acompanhado em <https://www.bonnchallenge.org/progress>). A RPF, é definida como um processo de recuperação da funcionalidade ecológica e de

melhoria das condições de vida de pessoas em paisagens florestais degradadas ou desmatadas (IUCN; WRI, 2014). Portanto, atividades de restauração com enfoque em RPF tem como objetivo não só melhorias ambientais, mas também sociais e econômicas.

Um exemplo dessa abordagem no Brasil é o trabalho realizado pelo IPÊ no Pontal do Paranapanema, no extremo oeste do estado de São Paulo. O que começou com o único objetivo de garantir a sobrevivência do mico-leão-preto, hoje conta com mais de 35 anos de duração, envolve diferentes stakeholders da região, e contribui com melhorias socioeconômicas além de mudanças ecológicas, como a restauração florestal de 1.300ha conectando duas áreas protegidas, o Parque Estadual Morro do Diabo e a Estação Ecológica Mico-leão-preto (CHAZDON et al., 2020).

No Pontal, as atividades do IPÊ aproveitam o potencial de áreas de restauração apresentado pelo passivo ambiental de APPs e áreas de RL (UEZU; CULLEN JR., 2012). Com a mudança do Código Florestal em 2012, passou a ser permitida a compensação da RL em outra propriedade, desde que de acordo com as limitações previstas na lei. Como na Mata Atlântica há 24Mha passíveis de uso para compensação (GUIDOTTI et al., 2017), para que a restauração ocorra em áreas de interesse da agropecuária é importante que ela consiga competir economicamente com as práticas já estabelecidas na região, já que ao manter a RL dentro de sua propriedade o proprietário abriria mão de 20% de área produtiva, podendo resultar em uma perda média de R\$377,50/ha na produção no estado de São Paulo (CAMPOS; BACHA, 2019). Uma maneira de valorizar as RLs pode ser através da consideração dos serviços ecossistêmicos que elas prestam a sociedade.

A RL reflorestada em uma propriedade pode trazer diversos benefícios para a paisagem, como a distribuição de serviços ecossistêmicos ao longo da região e não só em áreas protegidas, o aumento da conectividade entre remanescentes florestais, o que contribui com a sobrevivência de espécies especialistas e endêmicas, entre outros (BANKS-LEITE et al., 2014), e também para o proprietário. Alguns dos benefícios para o proprietário são indiretos, como a proteção de córregos, rios e nascentes, garantindo água de boa qualidade, proteção do solo e diminuição da erosão, maior quantidade de polinizadores nas lavouras e abrigo para espécies que predam pragas agrícolas (SIGAM, 2010). Há também benefícios diretos, como o retorno financeiro de atividades produtivas

realizadas dentro da RL (desde que de acordo com os limites da lei), a possibilidade de certificação de seus produtos (garantindo que a área de produção está de acordo com questões ambientais) valorizando-os no mercado, a venda de excedentes de RL, a venda de crédito de carbono provenientes de restauração florestal e o pagamento por serviços ecossistêmicos (PSE) (SIGAM, 2010). Além disso, o BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento) tem como uma das exigências para liberação de empréstimos que o proprietário cumpra a legislação ambiental, o que poderia dificultar o acesso para proprietários com RL irregular.

Por isso, o foco desse trabalho será a viabilidade econômica da restauração florestal com espécies nativas em RL através da venda de créditos de carbono no Pontal do Paranapanema. Ao longo do texto serão apresentados conceitos e o contexto atual do bioma Mata Atlântica, da legislação referente a RL, dos serviços ecossistêmicos, pagamentos por eles e funcionamento do mercado de carbono e uma breve contextualização do mercado da soja na região. Em seguida, serão discutidas maneiras de aumentar a atratividade da restauração em área de RL.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Pergunta principal**

Como aumentar a atratividade econômica da restauração florestal com espécies nativas em área de RL no Pontal do Paranapanema, tendo a soja como custo de oportunidade?

### **2.2 Objetivo geral**

Elaborar uma análise da viabilidade econômica da restauração florestal em área de RL, apresentando a venda de créditos de carbono como principal fonte de renda da restauração e considerando como seu custo de oportunidade a produção de soja na mesma área.

### **2.3 Objetivos específicos**

1. Identificar custos e receitas da produção de soja e da restauração em área de RL
2. Estimar o Valor Presente Líquido (VPL) da produção de soja e da restauração

3. Identificar fatores que contribuem para maior ou menor VPL da restauração de RL em relação a produção de soja
4. Identificar atividades econômicas que possam ser realizadas na área de RL junto a restauração para torná-la mais rentável
5. Sugerir maneiras de aumentar a atratividade econômica da restauração em área de RL

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 A Mata Atlântica e as Reservas Legais**

A Mata Atlântica abriga pelo menos 2% de espécies endêmicas da flora e fauna mundial (MYERS et al., 2000). No entanto, esse bioma apresenta apenas 28% de sua cobertura original (REZENDE et al., 2018), com a maior parte dos fragmentos florestais remanescentes menores que 50ha (RIBEIRO et al., 2009) e fora de áreas protegidas (REZENDE et al., 2018). Além disso, 20% dos remanescentes são florestas jovens, com menos de 30 anos (LIRA et al., 2012). Entre as ações prioritárias para conservação desse bioma estão a restauração de espécies nativas e o aumento da conectividade entre os fragmentos (RIBEIRO et al., 2009; TAMBOSI et al., 2014).

O uso e a conservação da Mata Atlântica são regulados por duas principais leis, a Lei da Mata Atlântica (Lei 11.428/2006) e a Lei da Proteção da Vegetação Nativa (Lei 12651/2012), mais conhecida como Código Florestal. A lei específica do bioma estabelece as limitações de uso e conservação de vegetação primária e secundária em estado inicial, médio e avançado de regeneração. O Código Florestal regulamenta as Áreas de Preservação Permanente, as Reservas Legais e outros usos das florestas e produtos florestais nacionais.

A Reserva Legal é a área de uma propriedade rural que deve conter vegetação nativa. Para a Mata Atlântica, propriedades com mais de 4 módulos fiscais devem destinar 20% de sua área total à RL. Propriedades irregulares podem restaurar sua RL em até 20 anos, com a recuperação de pelo menos um décimo da área total a cada dois anos. Esse instrumento tem como função garantir o uso sustentável de recursos naturais em propriedades rurais, manter e reabilitar processos ecológicos, auxiliar na

conservação da biodiversidade e servir de abrigo e proteção da fauna e flora nativa (Artigo 3, Lei 12651/2012).

Estima-se que para manter a integridade e função biológica, a Mata Atlântica precise de pelo menos 30% de sua cobertura florestal garantida na paisagem (BANKS-LEITE et al., 2014). Para atingir esse limiar seria necessário o reflorestamento de cerca de 32,11Mha (milhões de hectares) (BANKS-LEITE et al., 2014). Para o bioma é previsto um déficit de 2,7Mha em área de RL que devem ser restaurados e 4,1Mha em área de APP (GUIDOTTI et al., 2017). Por ser um bioma com intensa fragmentação, na maioria das vezes a restauração florestal não pode ser feita por regeneração natural (SILVA et al., 2020) o que aumenta o custo da operação, podendo variar de R\$316,00/ha na regeneração natural em condições favoráveis a R\$21.271,00/ha no plantio de mudas em condições desfavoráveis (TYMUS et al., 2018).

### **3.2 Serviços ecossistêmicos**

Existem diversas definições e discussões sobre definições de serviços ecossistêmicos (SE) (COSTANZA et al., 1997, 2017; DANLEY; WIDMARK, 2016; DÍAZ et al., 2018; FISHER; TURNER; MORLING, 2008). Uma abordagem para tratar desses serviços, é o conceito de Contribuições da Natureza para as Pessoas (CNP) (DÍAZ et al., 2018; IPBES, 2019; PASCUAL et al., 2017). A definição de CNP incorpora aspectos sociais mais significativamente que outras definições (IPBES, 2019). CNP são todas as contribuições, positivas e, ocasionalmente, negativas, que as pessoas obtêm da natureza (PASCUAL et al., 2017). Em alguns países da América Latina também é utilizado o termo serviços ambientais para serviços prestados pela natureza que, através de intervenção humana (como restauração, compensação, etc.), resultam em serviços ecossistêmicos (IPBES, 2019). No Brasil, em janeiro de 2021, foi publicada a Lei Nº 14.119, que tem como algumas de suas funções definir serviços ecossistêmicos e outros conceitos relacionados a PSE (inclusive a definição de serviços ambientais) e estipular os objetivos e passos necessários pra implantação de uma Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA).

Uma definição amplamente utilizada (que será considerada nesse trabalho), que difere em alguns pontos das definições anteriores, é a de que SE são características,

funções ou processos ecológicos que contribuem direta ou indiretamente à qualidade de vida humana (COSTANZA et al., 2017; MEA, 2005).

Os SE geralmente são separados em quatro categorias: (1) **Serviços de suporte**, que mantêm os processos e funções necessários para os demais serviços. São processos ecossistêmicos básicos como a formação do solo, ciclagem de nutrientes, disponibilidade de habitat, entre outros. Os seres humanos são beneficiados indiretamente; (2) **Serviços de provisão**, que permitem fornecimento de alimentos e outros recursos naturais quando combinados com recursos e construções humanas (através de atividade pesqueira, exploração madeireira, agricultura, etc.). Afeta diretamente os seres humanos; (3) **Serviços regulatórios**, que permitem regulação climática, proteção contra enchentes, purificação de água, etc. Afetam diretamente o bem estar humano; (4) **Serviços Culturais**, que permitem atividades recreativas como ecoturismo, apreciação de paisagem, desenvolvimento científico, etc. Também impactam diretamente no bem estar humano (COSTANZA et al., 2017; MEA, 2005).

Funções e processos ecológicos ocorrem independentemente da participação humana, enquanto serviços ecossistêmicos só existem quando há participação humana. A regulação climática, por exemplo, é um SE necessário para a sobrevivência humana, que depende de funções e processos ecológicos como a regulação de temperatura, precipitação, concentração de gases do efeito estufa (GEE), etc. (COSTANZA et al., 2017). O mercado de carbono, que será abordado no item 3.4, utiliza-se de processos ecológicos que impactam na regulação climática, como a conversão de CO<sub>2</sub> (um dos GEE) em biomassa através da fotossíntese e a liberação do mesmo gás durante a queima ou derrubada de florestas.

### **3.3 Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE)**

Como os SE geralmente não são quantificados e inseridos nos mercados comerciais tradicionais, os impactos em seu funcionamento são frequentemente diminuídos ou desconsiderados na tomada de decisões (COSTANZA et al., 1997). Com o uso crescente de recursos naturais e cada vez mais danos aos SE surgiu a preocupação de valorá-los para que pudessem ser mais facilmente considerados e, conseqüentemente, protegidos (DE GROOT et al., 2012). Devido a sua complexidade, a

maneira de valorar um SE e regular seu pagamento rendeu outras discussões, com aqueles que defendem encaixar os SE a mercados já existentes (ENGEL; PAGIOLA; WUNDER, 2008), e os que preferem uma combinação entre pagamentos dentro e fora de mercados já existentes de acordo com a natureza do SE (FARLEY; COSTANZA, 2010; MURADIAN et al., 2010).

Para definir a forma de pagamento através da natureza do serviço, é importante entender a diferença entre bens excludentes e não excludentes e rivais e não rivais. Bens excludentes são aqueles que é possível controlar o uso, geralmente característica de bens privados, e os bens não excludentes são aqueles que o uso não pode ser controlado por uma instituição ou tecnologia (DALY; FARLEY, 2010), geralmente característica de bens públicos. Para Constanza e colaboradores (2017), a maioria dos serviços de provisão são como bens privados, os serviços regulatórios como bens públicos e os serviços culturais como uma combinação de bens públicos e privados.

Recursos rivais são aqueles que quando utilizados diminuem a quantidade ou qualidade disponível do recurso para a próxima pessoa interessada, como alimentos, por exemplo. Recursos não rivais são aqueles que o uso de uma pessoa não impede que outra o utilize no mesmo potencial (e.g. proteção oferecida pela camada de ozônio) (DALY; FARLEY, 2010).

Devido as tecnologias de quantificação de emissões de gases do efeito estufa, o gás carbônico pode ser considerado um bem excludente e, devido à crise climática e a alta concentração atmosférica do gás na atualidade, pode ser considerado um bem rival que deve ser racionado (se uma empresa emite grande quantidade de CO<sub>2</sub>, diminui a quantidade que pode ser emitida pelas demais sem prejudicar a regulação de gases e o SE de regulação climática) (FARLEY; COSTANZA, 2010).

### **3.4 O mercado de carbono**

Atualmente, um dos instrumentos utilizados para o enfrentamento à mudança global do clima, é o mercado de carbono, por isso os setores de PSE relacionados a carbono florestal e uso e cobertura de solo estão entre os que mais recebem atenção (SALZMAN et al., 2018). Esse mercado pode ser regulado ou voluntário, e é movimentado pela compra e venda de créditos de carbono. Um crédito corresponde a

uma tonelada de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente (medida que inclui todos os gases de efeito estufa) evitada ou removida.

No mercado regulado existem limites estipulados de emissão, as instituições que ultrapassam o limite devem comprar créditos ou compensar as emissões com atividades de sequestro e as instituições com créditos excedentes podem vendê-los (FAO, 2010). No Brasil, até o momento, existe apenas o mercado voluntário de carbono (THE WORLD BANK, 2021).

Nesse mercado, instituições interessadas em zerar ou diminuir suas emissões, geralmente motivadas em melhorar a imagem ou adequar suas práticas a índices como o ESG (Ambiental, Social e Governança, do inglês Environmental, Social and Governance), minimizam ou compensam suas emissões comprando créditos. As atividades que geram créditos de carbono variam entre a manutenção de florestas em pé através de atividades que evitam o desmatamento (projetos REDD+, Reduced Emissions for Deforestation and Degradation), reflorestamento (projetos ARR, do inglês Afforestation, Reforestation and Revegetation), mudança de matriz energética, entre outros (FAO, 2010; KOLLMUSS; ZINK; POLYCARP, 2008).

O mercado de carbono (seja regulado ou voluntário) e os demais setores de PSE recebem inúmeras críticas. Alguns críticos acreditam que nenhuma forma de corrigir e expandir mercados criados por PSE serão efetivas, pois não concordam com a lógica econômica que originou esses recursos e defendem mudanças profundas no sistema econômico, com argumentos a favor de movimentos como decrescimento e política “buen vivir” (MCAFEE, 2016; PEARSE; BÖHM, 2014; STUART; GUNDERSON; PETERSEN, 2017; WILLS et al., 2006). Além disso, argumentam que o mercado de carbono, (1) dá pouca atenção à questão social, impactando negativamente a sobrevivência e motivação de conservar de populações locais (PEARSE; BÖHM, 2014) e (2) tem potencial para contribuir com o aumento e intensificação do acúmulo de capital e desigualdades provenientes disso (MCAFEE, 2016; STUART; GUNDERSON; PETERSEN, 2017).

Para Constanza e colaboradores (2017), não há dúvidas sobre valorar ou não o meio ambiente. Para que SE sejam considerados pela sociedade eles precisam ser identificados e valorados (mesmo que não monetariamente). A valoração é importante

para auxiliar em tomadas de decisão sobre até onde ações que impactam o meio ambiente (e.g. construção de escolas, hospitais, etc.) são mais necessárias do que os serviços ecossistêmicos que danificariam (COSTANZA et al., 2017; DE GROOT et al., 2012).

Em relação ao mercado de carbono, mesmo entre seus defensores há críticas e apontamentos sobre como melhorá-lo associando-o a políticas variadas (BARANZINI et al., 2017; VAN DEN BERGH; BOTZEN, 2020). Entre as falhas apontadas nesse mercado estão: (1) não ter diminuído significativamente as emissões (REYES, 2011); (2) repassar os gastos com a regularização dos emissores para os consumidores (como acontece no setor elétrico) (REYES, 2012); (3) má regulação e casos de corrupção (EUROPOL, 2009; MARTIN; WALTERS, 2013); (4) vazamento de emissões (“carbon leakage”), quando ações danosas para o meio ambiente (e.g. desmatamento) passam a ocorrer em outra área devido projetos de venda de crédito. Esse efeito não evita a emissão de carbono, apenas modifica o local de ocorrência (MCAFEE, 2016; NEWELL; PIZER; RAIMI, 2013)

Os defensores desse mercado argumentam que é a política mais barata e eficiente para redução de emissões de gases do efeito estufa (BARANZINI et al., 2017; BOYCE, 2018), pois pode internalizar externalidades negativas (inclusive as sociais) no mercado de forma sistemática, atingindo todas as etapas e impactando o preço final de produtos. Portanto, produtos com cadeias menos emissoras seriam mais baratos e, conseqüentemente, mais consumidos que os mais poluentes (BARANZINI et al., 2017). Além disso, atende a heterogeneidade dos emissores, presentes em diferentes setores, etapas e intensidade de produção. Ter um único fator (mercado de carbono) agindo em diferentes situações diminui o custo total de políticas para mitigação climática (BARANZINI et al., 2017). Outra vantagem do mercado de carbono é que ele pode incentivar a criação e aprimoramento de tecnologias de baixo carbono, contribuindo ainda mais com a redução de emissões (BARANZINI et al., 2017; BOYCE, 2018).

Para alcançar as metas de emissão estabelecidas seriam necessários limites de emissões totais (BARANZINI et al., 2017; BOYCE, 2018), fixação de preço único para o CO<sub>2eq</sub> internacionalmente e em diferentes setores (BARANZINI et al., 2017) ou o estabelecimento de uma taxa que se ajuste automaticamente a proporção de emissões reais versus metas estabelecidas de emissões (BOYCE, 2018). A pouca eficiência na

diminuição de emissões até o momento é creditada a questões políticas que impedem seu funcionamento em escala e preço adequados (BARANZINI et al., 2017; BOYCE, 2018; STIGLITZ, 2015).

Para contornar problemas ligados à corrupção nesse mercado e baixa eficiência de projetos que vendem créditos de carbono, surgiram diversos sistemas de certificação, principalmente no mercado voluntário. Portanto, existem no mercado desde projetos em que o único foco é o sequestro de carbono, até projetos que incluem preocupações sociais e relacionadas a biodiversidade, como o selo Comunidade, Clima e Biodiversidade (CCB, <https://verra.org/>) (KOLLMUSS; ZINK; POLYCARP, 2008; LEE; KIM; KIM, 2018).

### **3.5 Motivação para conservar**

Como dito anteriormente, o PSE pode impactar negativamente a motivação de conservar, por isso há uma extensa discussão sobre esse assunto (CARDENAS; STRANLUND; WILLIS, 2000; D'ADDA, 2011; MOROS; VÉLEZ; CORBERA, 2019; PAGE; BELLOTTI, 2015). Quando se trata de empresas a motivação geralmente leva em consideração dois focos principais; regulamentação e benefícios para o negócio ou expectativa dos stakeholders (FAO, 2007; FOLHA DE SP, 2022; WEF, 2022). Regulamentação é um fator importante quando há leis, sistemas de “cap-and-trade” (como o mercado de carbono regulado) ou convenções que regulam determinada ação (FAO, 2007; WEF, 2022). Os benefícios para o negócio incluem retorno financeiro pelo investimento, manutenção de recursos naturais importantes para o processo de produção, melhorar a relação com a comunidade e reguladores, entre outros (FAO, 2007).

Este trabalho foca em questões relacionadas ao agronegócio brasileiro, em especial o setor da soja. O mercado dessa leguminosa responde principalmente a motivações empresariais. É estimado que cerca de oito companhias controlam cerca de 54% de todo o mercado de soja (FOLKE et al., 2019), portanto, as decisões desses principais atores, influencia significativamente o mercado. Um exemplo disso é a moratória da soja que ocorreu em 2006. Protestos do público e mobilização do Greenpeace influenciaram a criação da moratória da soja pela ABIOVE (Associação

Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais) e ANEC (Associação Nacional dos Exportadores de Cereais) (na época responsáveis por 90% da compra da soja produzida na Amazônia (ERMGASSEN et al., 2020)) para contornar o risco reputacional (GIBBS et al., 2015). A moratória existiu de 2006 a 2016 e proibia produção de soja em áreas desmatadas depois de 24 de julho de 2006 (HEILMAYR et al., 2020). Estima-se que a moratória evitou de 16 a 35% de desmatamento na Amazônia legal durante o período que estava em execução (HEILMAYR et al., 2020), exemplificando a forte influência positiva que o setor agrícola pode ter na conservação.

### **3.6 Atividades agrícolas**

O Brasil, EUA e Argentina são responsáveis por 80% da produção mundial de soja, sendo os dois primeiros países responsáveis por 69% da produção (RITCHIE; ROSER, 2021). Os maiores importadores da commodity são a China e a Europa, respectivamente (IDH e IUCN NL, 2019). No Brasil, Mato Grosso é o principal produtor, seguido pelo Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás (CONAB,2021).

Em São Paulo, no primeiro quadrimestre de 2021, as três atividades agrícolas responsáveis pelos maiores rendimentos de exportação do estado foram o complexo sucroalcooleiro (US\$1,78 bilhão), complexo soja (soja em grão, óleo e farelo) (US\$907,13 milhões) e o setor de carnes (US\$719,27 milhões) (ANGELO; OLIVEIRA; GHOBRI, 2021).

Em 2020 houve um aumento de 2,9% de área plantada de soja no estado, sendo o 12º ano consecutivo de expansão (CAMARGO et al., 2021). Entre 2010 e 2019 o cultivo de soja cresceu 120,4% em área e 135,2% em produção, sendo o grão com maior extensão de área de cultivo (ZEFERINO; MARTINS, 2020).

Na região do Pontal do Paranapanema, também houve aumento na área de soja plantada e na porcentagem de contribuição da soja no valor da produção agropecuária. Só no município de Presidente Venceslau, o valor da produção da soja teve aumento de 50% em 2020 (SILVA et al., 2021). De acordo com o Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do estado de São Paulo (LUPA), houve um aumento de área de plantio de soja no Pontal do Paranapanema de 34.614,20ha na safra de 2006/07 para 60.142,90ha em 2016/17.

Atualmente é permitido pelo Código Florestal que a área de RL seja compensada fora da propriedade, no entanto, no estado de São Paulo, as restrições para compensação ainda estão em discussão (MARÇON; FERREIRA; BAPTISTELLA, 2021). Ainda assim, considerando a expansão e lucratividade da soja crescentes, é importante identificar como essa atividade compete economicamente com a restauração florestal de espécies nativas em área de RL para garantir que, em locais estratégicos para conservação da Mata Atlântica (como áreas que abrigam espécies ameaçadas e/ou que podem contribuir com a conectividade de remanescentes florestais), as vantagens de restaurar e manter uma floresta nativa dentro da propriedade sejam maiores ou próximas das vantagens de produzir soja em 100% da propriedade e compensar a RL em outro local.

Portanto, esse trabalho tem como objetivos estudar a viabilidade econômica da restauração em área de RL tendo como custo de oportunidade o cultivo da soja, identificar fatores que possam aumentar a competitividade da restauração, identificar eventuais incentivos econômicos que possam influenciar a rentabilidade dessas atividades e propor alternativas para tornar a restauração mais interessante para os agricultores.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Área de estudo**

O Pontal do Paranapanema é composto por 32 municípios e está localizado no extremo oeste do estado de São Paulo, entre os rios Paraná e Paranapanema (SNGR, 2015). A região originalmente estava coberta com vegetação do tipo Tropical Semi-Decidual (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000), e duas variações climáticas; tropical de inverno seco e subtropical úmido com verão quente (Aw e Cfa pela classificação de Köppen) (ALVARES et al., 2013). Portanto, apresenta verão com chuva e altas temperaturas e inverno seco, com precipitação anual de 1,500mm (UEZU; METZGER, 2011). Há dois tipos de solo nessa área, o argissolo vermelho-amarelo e o latossolo vermelho (ROSSI, 2017).

Atualmente restam 13,1% da cobertura florestal original da região, distribuídos em fragmentos variando entre 2 e 2.000ha, majoritariamente em propriedade privada, e no

maior contínuo florestal do local, o Parque Estadual do Morro do Diabo, com cerca de 36.000ha (UEZU; METZGER, 2011). A presença de espécies ameaçadas como o mico leão preto e a onça pintada (CULLEN et al., 2016) e o tipo de vegetação da região, que está entre as fitofisionomias mais ameaçadas da Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2009), tornam o Pontal uma região de grande interesse ecológico.

Embora as grandes fazendas do Pontal correspondam a apenas 2,69% dos imóveis da região, e as pequenas e médias a 91,23% e 6,08%, respectivamente (GUIDOTTI et al., 2017), o maior passivo de RL está entre grandes propriedades rurais. Esse passivo corresponde a 66,69% do total, equivalente a 67.269,25ha (GUIDOTTI et al., 2017). Como o tamanho médio de grandes imóveis rurais no Pontal é de 974,22ha (FREITAS et al., 2018) os modelos econômicos criados (detalhes de cada modelo disponível no item 4.3.1) correspondem a propriedades de 1000ha, com 200ha de RL.

Por se tratar de restauração em área de RL e, portanto, dentro de uma propriedade privada, o projeto de venda de créditos de carbono pode ser abordado de diferentes formas. Em pequena escala, incluindo uma única propriedade, e em larga escala, incluindo diversas propriedades da região. Para os modelos da restauração consideramos uma abordagem de larga escala, totalizando 25.000ha, com 5.000ha de RL. O cenário em pequena escala foi abordado na análise de sensibilidade, detalhada no item 4.4.

## **4.2 Análise econômica**

Para identificar como aumentar a atratividade econômica da restauração florestal com espécies nativas em área de RL no Pontal do Paranapanema, foram utilizados conceitos econômicos e técnicas de análise financeira para produzir uma análise de viabilidade econômica, como (1) custo de oportunidade, (2) externalidades, (3) fluxo de caixa descontado e (4) valor presente líquido.

O custo de oportunidade é a atividade econômica mais rentável dentre aquelas praticadas na região (DALY; FARLEY, 2010; VARIAN, 2014). No Pontal do Paranapanema há prática de pecuária extensiva, cultivo da cana de açúcar e da soja. Portanto, o custo de oportunidade da restauração seria a atividade com maior lucro líquido entre as três. No entanto, devido a expansão contínua e acelerada da soja no

estado de São Paulo e o aumento da cultura na região do Pontal, esse trabalho assumirá a soja como custo de oportunidade.

Externalidades são alterações causadas pelas atividades econômicas que impactam agentes não envolvidos na realização da atividade (VARIAN, 2014). As externalidades podem ser positivas (e.g. aumento da qualidade e quantidade de água e o sequestro de gás carbônico provindos de uma restauração florestal) ou negativas (e.g. contaminação de cursos hídricos devido ao uso de agrotóxicos no cultivo da soja). Na análise de viabilidade econômica só serão consideradas externalidades quantificadas no mercado de carbono.

O fluxo de caixa é a movimentação do dinheiro da empresa ou projeto. Essa movimentação é dada pelas entradas (receitas provenientes de vendas, empréstimos, ações, etc.) e saídas (custos com insumos, maquinário, impostos, mão de obra, etc.). O fluxo de caixa descontado inclui o valor do dinheiro no tempo, ou seja, uma quantia em dinheiro hoje é mais valiosa do que essa mesma quantia em qualquer data futura (GITMAN, 2010). Para isso, usa-se uma taxa de desconto no fluxo, que resulta no valor presente. O valor presente mostra quanto vale hoje o dinheiro que o projeto ou investimento terá no ano final (GITMAN, 2010). O valor presente líquido (VPL) é o valor presente menos os custos.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1 + WACC)^j}$$

Em que FC = Fluxo de Caixa (entradas – saídas), j = período de cada fluxo de caixa e WACC = custo médio ponderado do capital.

#### **4.3 Fluxos da soja e da restauração**

Os ciclos de produção da soja e da restauração florestal são diferentes. Para a região de estudo é prevista uma safra de soja por ano (EMBRAPA, 2019), enquanto a restauração florestal tem longa duração, com contratos de crédito de carbono que chegam a 30 anos (BRANCALION et al., 2012). Estima-se que o carbono estocado pela restauração na região do Pontal terá acúmulo significativo até o ano 25, a partir do início do projeto, por isso foi estabelecido um total de 25 anos para a restauração, com venda

de créditos a cada 5 anos; para a comparação com a soja, os custos e receitas da leguminosa foram repetidos anualmente durante os 25 anos.

Os custos e receitas da soja foram obtidos através de entrevistas com dois produtores de Teodoro Sampaio em agosto de 2021 e a média de cada um dos gastos foi inserida no modelo de fluxo de caixa. Os custos e receitas da restauração foram obtidos com o IPÊ, e com uma empresa que trabalha com elaboração de projetos de carbono e venda de créditos na região, também no ano de 2021.

Para a soja 47,27% da produção foi custeada por capital próprio e 52,73% por capital de terceiros. O custo do capital próprio foi calculado pela soma da taxa livre de risco, no caso, a taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia, calculada pelo Banco Central do Brasil, BCB) e o prêmio de risco (ERP, 10,35% referente a janeiro de 2021, calculado pelo Centro de Estudos Quantitativos em Economia e Finanças da FGV, <https://ceqef.fgv.br/node/714>). Para a restauração considerou-se 100% do capital provindo de terceiros. O custo do capital de terceiros em ambos os casos variou de acordo com as características do modelo, que serão detalhadas adiante.

A taxa de desconto utilizada foi o custo médio ponderado do capital (WACC, sigla em inglês). O cálculo foi feito pela fórmula:

$$WACC = (K_e \times W_e) + (K_d \times W_d)$$

Sendo  $K_e$  = custo do capital próprio;  $W_e$  = proporção de capital próprio na estrutura de capital;  $K_d$  = custo do capital de terceiros;  $W_d$  = proporção de capital de terceiros na estrutura de capital.

Como alguns dos modelos testados apresentam taxas subsidiadas, não foi possível utilizar taxas reais, pois resultariam em juros negativos. Por isso, foram utilizadas taxas nominais para o custo de capital próprio e de terceiros e os custos e receitas foram corrigidos para contemplar a inflação.

A inflação considerada foi o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), calculado pelo IBGE. Para o ano de 2021, início do projeto, foi utilizado o IPCA correspondente (10,06%) e para os anos 2022, 2023, 2024 e 2025 foi utilizado o valor estimado pelo relatório Focus em 02/05/2022 (disponível em <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/29042022>), 7,89%, 4,10%, 3,20% e 3% respectivamente. A partir de 2026 a taxa do ano anterior (3%) foi mantida. A inflação foi

adicionada ao fluxo através do cálculo do valor futuro de cada custo e receita com o IPCA como taxa. O valor futuro tem o mesmo princípio do valor presente de incluir o valor do dinheiro no tempo nas contas financeiras, mas calcula o valor no futuro e não no presente. Como foram usadas taxas variáveis, utilizou-se o fator de inflação acumulado para o cálculo do valor futuro. Para o ano zero o fator acumulado é um, para o ano 1 o fator acumulado é calculado por:  $FA = FAx \times (1 + Tx)$

Em que FA = fator acumulado, FAx = fator acumulado do ano anterior e Tx = taxa de inflação do ano anterior.

A conta se repete até o ano 25. Em seguida os custos e receitas foram multiplicados pelo fator acumulado do ano em que ocorreram, resultando no valor futuro e, portanto, custos e receitas inflacionados.

#### 4.3.1 Diferença entre os modelos

Foram testados 4 modelos para soja (S0, S1, S2 e S3) e 4 para restauração (R0, R1, R2 e R3), todos simulando propriedades de mesmo tamanho. A diferença entre os modelos está na incidência ou não de impostos como PIS/PASEP (Programa de Integração Social e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público), COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) e ISS (Imposto Sobre Serviços) e no custo do capital de terceiros, que influencia o valor da WACC e a taxa de juro que incide sobre os empréstimos. As variações dos modelos da soja e da restauração estão representadas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Variação entre os modelos com aplicação de diferentes subsídios, afetando o custo do capital de terceiros, a WACC e a cobrança ou não do PIS e COFINS. O custo do capital corresponde a taxa de retorno esperada, no caso do capital de terceiros costuma ser uma taxa de juro. Já o peso do capital, é a percentagem que o capital próprio ou de terceiros ocupa no investimento. Modelos S0 e R0 sem subsídios, S1 e R1 apenas com subsídio creditício, S2 e R2 apenas com subsídio fiscal e S3 e R3 com subsídio creditício e fiscal.

		Soja				Restauração			
		S0	S1	S2	S3	R0	R1	R2	R3
Custo do capital	Próprio	19,60%	19,60%	19,60%	19,60%	19,60%	19,60%	19,60%	19,60%
	Terceiros	13,25%	7,50%	13,25%	7,50%	13,25%	5,50%	13,25%	5,50%
Peso do capital	Próprio	47,27%	47,27%	47,27%	47,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Terceiros	52,73%	52,73%	52,73%	52,73%	100%	100%	100%	100%
Impostos	PIS	0,65%	0,65%	-	-	0,65%	0,65%	-	-
	COFINS	3,00%	3,00%	-	-	3,00%	3,00%	-	-
	ISS	-	-	-	-	5,00%	5,00%	-	-
WACC		16,25%	13,22%	16,25%	13,22%	13,25%	5,50%	13,25%	5,50%

Para os modelos S0 e R0 assumiu-se um cenário sem subsídios para o produtor, portanto, cobra-se PIS/PASEP e COFINS nas taxas de 0,65% e 3%, respectivamente. O custo do capital de terceiros foi obtido através de conversa com um banco privado. Para taxa livre de risco foi utilizada a taxa SELIC (9,25%, referente ao ano de 2021) e como prêmio de risco a taxa de 4%, totalizando 16,25%. Portanto o custo do capital de terceiros do modelo S0 é 19,60% e a WACC 16,25%. Como os modelos de restauração foram custeados 100% por capital de terceiros, no modelo R0 o custo de capital de terceiros e a WACC apresentam o mesmo valor, de 13,25%.

Para os modelos S1 e R1 usou-se uma taxa subsidiada. Para grandes produtores o Plano Safra oferece financiamento a taxa de 7,5% ao ano para custeio dos insumos (MAPA, 2021). Com esse custo de capital de terceiros a WACC do modelo S1 totalizou 13,22%. Para financiamento de projetos que visam a recomposição da RL existe o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), uma política pública elaborada para detalhar as ações do setor agropecuário para que o Brasil cumpra compromissos assumidos na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) (MAPA, 2012). A partir do Plano ABC surgiu o Programa ABC, uma linha de crédito que oferece financiamento há uma taxa de juro prefixada de 5,5% para atividades de regularização do imóvel rural através da restauração de APP e RL. Portanto a WACC de R1 é 5,5%.

Os modelos S2 e R2 incluem apenas subsídio fiscal (isenção de impostos), portanto, a taxa de custo de capital de terceiros e a WACC são as mesmas dos modelos S0 e R0 respectivamente e os custos com PIS/PASEP, COFINS e ISS estão ausentes.

Os modelos S3 e R3 incluem subsídio fiscal e creditício, com WACC e custo de capital de terceiros iguais aos modelos S1 e R1, respectivamente, e sem custo com PIS/PASEP, COFINS e ISS. Para a soja esse modelo representa o cenário atual, já que de acordo com o artigo 29 da lei Nº 12.865, de 9 de outubro de 2013, a soja está isenta do PIS/PASEP e COFINS. As taxas de cada modelo e suas respectivas WACC estão representadas na Tabela 1. Nenhum modelo da soja inclui custos com ICMS (Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias), pois assumiu-se que a soja é produzida para exportação e, portanto, isenta dessa cobrança.

### **4.3.2 Custos e receitas da soja**

Os custos da soja de todos os modelos incluem (1) os gastos com insumos; os entrevistados forneceram um único valor para o gasto com insumos, incluindo sementes, fertilizantes, agrotóxicos. Para separar o gasto com cada um foram utilizados os percentuais médios do gasto com cada categoria de insumo disponibilizados pela CONAB para o município de Assis, SP, entre os anos 2019-2022; (2) de operação (manutenção do maquinário, mão de obra e combustível); (3) administrativos (seguro da soja e do equipamento e transporte) e (4) compra de tratores, colheitadeira e pulverizador.

Os preços dos bens foram obtidos no site da CONAB. Considerou-se a média do preço de tratores, colheitadeiras e pulverizadores disponíveis para os estados de SP, MT e PR, entre 2020 e 2021. Considerou-se a compra de 3 tratores com potência acima de 130cv, já que a propriedade tem mais de 500ha. O custo total dos bens foi dividido pelo tamanho total da área para o custo por hectare e repetido a cada 10 anos, o que corresponde ao tempo de vida útil das máquinas (CONAB, 2020).

Como para usar toda a área de RL para produção de soja é preciso compensá-la, o valor para compensação foi incluído no fluxo de caixa, para isso considerou-se a média do valor estimado por uma empresa que atua nesse mercado no estado de São Paulo, o valor para o município de Teodoro Sampaio retirado do Instituto de Economia Agrícola (IEA) e o valor estimado na literatura (AGROICONE, 2018).

Para a receita considerou-se a multiplicação da venda de sacas por hectare pelo valor a saca. A produtividade e o preço de venda foram testados em diferentes cenários na análise de sensibilidade, detalhados no item 4.4.

### **4.3.3 Impostos da soja**

Dois impostos incidem sobre todos os modelos da soja, o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) e o Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural (FUNRURAL). O ITR é calculado com base no valor da terra nua (VTN) e seu grau de utilização (GU). O VTN varia de acordo com a localização do imóvel rural e sua aptidão agrícola; para o cálculo foram utilizados os valores médios de terras de boa aptidão da região administrativa de Presidente Prudente (que está inserida no Pontal do

Paranapanema) para o ano de 2021 (disponíveis no site do Instituto de Economia Agrícola). Para o cálculo do GU utilizou-se a tabela de referência que considera a relação entre a área do imóvel efetivamente utilizada para produção agrícola e a área passível de exploração (não inclui áreas de RL e APP). Quanto maior a porcentagem de área utilizada, menor é o GU (COSIT; RFB, 2021). Portanto, para uma área de 1.000ha, com boa aptidão agrícola e grau de utilização acima de 80%:

$$ITR = VTN \times GU$$

$$ITR = R\$15.136,85 \times 0,15\%$$

$$ITR = R\$ 22,71$$

O FUNRURAL incide sobre a receita bruta do produtor, para pessoa física a taxa é de 1,5% e para pessoa jurídica 2,05%. Neste trabalho considerou-se o imposto sobre pessoa jurídica.

#### **4.3.4 Custos e receitas da restauração**

O custo da restauração depende da técnica utilizada (regeneração natural, transferência de banco de sementes, plantio de mudas, etc.), das condições do entorno (distância de fragmentos florestais, presença de espécies exóticas e/ou invasoras), entre outros (RODRIGUES e BRANCALION, 2009). Em ecologia, o grau de isolamento de um fragmento florestal pode ser medido de acordo com as características de uma ou mais espécies, como sua capacidade de dispersão e tolerância à diferentes tipos de habitats, ou de acordo com a distância entre remanescentes florestais e características estruturais da paisagem (COLLINGE, 2009), portanto, não há um valor único para definir o grau de isolamento de uma área. Na Mata Atlântica a distância média entre fragmentos é de 1.441m, podendo variar de alguns metros a dezenas de quilômetros (RIBEIRO et al., 2009). Quanto maior for a distância entre fragmentos maior pode ser a dificuldade de determinadas espécies alcançarem determinadas áreas (COLLINGE, 2009), por isso, áreas com alto grau de isolamento podem não responder bem a regeneração natural, sendo mais adequada a utilização da técnica de restauração ativa com plantio de mudas. Quando há fragmentos florestais no entorno do local da restauração é possível o uso da técnica de restauração passiva, em que a vegetação se recupera naturalmente com poucas atividades de manejo e plantio. Para a escala de um projeto agrupado no Pontal,

uma região com intensa fragmentação, com paisagem que consiste majoritariamente de pasto (54,10%) e agricultura (15,5%) (UEZU; CULLEN JR., 2012), considerou-se um cenário conservador, em que 80% da restauração exigiria a técnica de restauração ativa, com plantio de mudas, 10% de restauração passiva e 10% de restauração mista (ativa e passiva).

Os valores variam também com o tamanho da área, pois algumas etapas da restauração podem ser barateadas quando feitas em propriedades maiores. Os custos foram separados em quatro categorias dependendo do tamanho da área de interesse para restauração; (1) 10ha a 99ha, (2) 100ha a 499ha, (3) 500ha a 999ha e (4) 1000ha a 4999ha.

Os custos da restauração incluem os gastos com insumos, mão de obra, equipamento, cercamento da área restaurada, proteção contra incêndio, manutenção de veículos, deslocamento de profissionais e monitoramento durante os três primeiros anos do projeto.

Os gastos referentes a elaboração de projeto de carbono envolvem diferentes etapas e custos que variam de acordo com a certificadora e os padrões de certificação, este trabalho considerou as etapas exigidas pela VERRA (<https://verra.org>, os custos de cada etapa são detalhados no documento “Program Fee Schedule”, disponível no site). Existem diferentes padrões de certificação para os créditos de carbono disponíveis na VERRA. A certificação pode ser simples, com apenas o padrão VCS (“Voluntary Carbon Standard”) ou pode incluir padrões como CCB (“Climate, Community and Biodiversity”) ou SDVista (“Sustainable Development Verified Impact Standard”). Para inclusão dos padrões CCB e SDVista o projeto deve apresentar características adicionais ao sequestro do carbono, como melhorias para comunidade local, proteção da biodiversidade, combate a mudança do clima, contribuição com os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável). Custos adicionais para inclusão dos padrões como melhorias estruturais em viveiros agroflorestais comunitários e treinamento para produção de mudas foram incluídos nos custos da restauração.

As etapas desde a elaboração do projeto até a venda do crédito estão representadas na Tabela 2 e envolvem (1) custos para realização de diagnóstico socioeconômico ambiental da região (DSEA), (2) custos com auditoria de uma empresa

autorizada pela certificadora para realização da validação do projeto e das verificações, (3) custos com verificação de cada categoria de certificação (VCS, CCB e SDVista) (4) custos com a documentação necessária para cada etapa, (5) custos operacionais, que incluem remuneração de equipe técnica, jurídica e de vendas e (6) custos referentes a taxa que a VERRA cobra a cada tonelada certificada vendida (na Tabela 2, representados pela linha Verificação VCS e Verificação CCB).

**Tabela 2** – Etapas da elaboração de projeto de carbono e certificação dos créditos que foram incluídas no fluxo de caixa, com indicação do primeiro ano que o custo ocorreu e a frequência que ele se repete ao longo dos 25 anos.

Etapa	Ano de início	Frequência
DSEA	Ano 1	a cada 10 anos
Validação	Ano 1	a cada 5 anos
Documentação	Ano 1	a cada 5 anos
CCB	Ano 1	a cada 5 anos
SDVista	Ano 1	a cada 5 anos
Verificação VCS	Ano 5	a cada 5 anos
Verificação CCB	Ano 5	a cada 5 anos
Custo operacional	Ano 1	Todo ano

Além desses gastos, considerou-se um custo para contratação de uma empresa para realizar a restauração e outra para elaboração do projeto de carbono e venda dos créditos. De acordo com dados fornecidos pelo IPÊ, o custo de contratação da empresa de restauração seria equivalente a 20% dos custos totais com restauração (20% dos gastos com insumos, mão de obra, manutenção do plantio, etc.). Para o custo da empresa contratada para elaboração do projeto e venda dos créditos, uma empresa que atua na região foi consultada e 15% do custo total do projeto (etapas representadas na Tabela 2) foi considerado o valor de contratação, distribuído nos 3 primeiros anos. Também foi incluída uma comissão de 5% sobre a venda dos créditos.

Para a receita foram consideradas as vendas dos créditos gerados pelo sequestro de carbono por hectare a cada cinco anos. A estimativa de toneladas sequestradas ao longo dos 25 anos de projeto foi fornecida pela mesma empresa que compartilhou informações sobre o custo para elaboração do projeto e venda dos créditos. O cálculo utilizou dados de inventário de carbono acima e abaixo do solo no Parque Estadual Morro do Diabo e fórmulas de biomassa de (DURIGAN; SUGANUMA; MELO, 2016), ao todo

foi estimado o sequestro de 1.926.975,68 toneladas de CO<sub>2eq</sub> em 25 anos. A certificadora VERRA exige que no mínimo 10% do carbono sequestrado pelo projeto seja utilizado como garantia caso ocorra perda de parte da floresta restaurada (por desmatamento ou incêndio florestais, por exemplo), portanto, esses 10% não podem ser vendidos. Foi considerada uma garantia conservadora de 20% do total de créditos gerados pelo projeto que não entraram na receita (o valor de toneladas sequestradas citado anteriormente já considera esse desconto). O preço de venda foi testado em diferentes cenários na análise de sensibilidade, detalhados no item 4.4.

#### **4.3.5 Impostos da Restauração**

Foram incluídos nos custos os impostos referentes a PIS, COFINS e ISS que incidem sobre a receita proveniente da venda dos créditos certificados.

#### **4.4 Análise de sensibilidade**

Para testar como os VPLs dos modelos se alteram em diferentes cenários de preço venda, produtividade e variações de custo, foi feita a análise de sensibilidade. O preço de venda da saca de soja e da tonelada de carbono equivalente e a produtividade da soja foram testados em três cenários, atual, que corresponde ao contexto mais próximo de 2021, pessimista, que simula um contexto de quebra de safra e/ou preço de venda baixo e otimista, que simula um contexto de safra e/ou preço de venda acima da média. Além disso, para a restauração, foi testado um cenário de projeto de pequena escala e outro com diminuição dos custos da restauração, através da utilização da técnica de muvuca.

Para o cenário de pequena escala assumiu-se que a restauração ocorreu em uma única propriedade de 1.000ha próxima de remanescentes florestais e que essa proximidade permitiu o uso da técnica de restauração 100% passiva. Também foram retirados custos adicionais relacionados aos padrões CCB e SDVista, portanto o crédito vendido conta apenas com o padrão VCS.

Para o cenário de restauração com a técnica de muvuca considerou-se uma redução de 25% e 50% nos custos com a etapa de restauração em larga escala. A técnica de muvuca utiliza uma mistura de areia, solo e sementes de diferentes espécies,

com diferentes ciclos de vida, e o plantio é feito por semeadura direta (CAMPOS-FILHO et al., 2013; RODRIGUES et al., 2019). A técnica tem potencial de reduzir de 40 a 90% dos custos da restauração, por não envolver a compra de mudas, além disso, em algumas situações pode apresentar menos custo com manutenção (CAMPOS-FILHO et al., 2013; MELI et al., 2017).

Foi obtido o preço mínimo de venda do crédito para viabilidade econômica do projeto para todos os modelos e todos os cenários testados. O projeto foi considerado economicamente viável quando o VPL foi positivo e a taxa interna de retorno (TIR) acima da taxa SELIC. A TIR indica a taxa de desconto que resulta em um VPL nulo, ou seja, sem ganhos ou perdas do investimento realizado (GITMAN, 2010). Uma TIR maior que a taxa de desconto do fluxo (no caso a WACC) significa um retorno ao final do investimento na proporção dessa diferença. Quando a TIR é maior que a taxa SELIC indica que o investimento pode render mais do que aplicações que utilizam essa taxa como base de retorno.

Para escolha dos preços de venda da soja foram utilizados valores disponibilizados pela CONAB para o estado de São Paulo entre janeiro de 2014 e junho de 2022. O maior valor do período, R\$192,33 em março de 2022, foi utilizado para o cenário otimista, o menor valor, R\$54,24 em fevereiro de 2015, foi utilizado para o cenário pessimista e o preço de venda de dezembro de 2021, R\$158,40, foi considerado o valor atual.

Para a variação da produtividade da soja foram utilizados dados dos anos 2010 a 2021, disponibilizados pelo artigo (ZEFERINO; MARTINS, 2020) e pelo site do IEA. A menor produtividade do período ocorreu em 2014 (38,26 sacas/ha) e foi utilizada no cenário pessimista. A maior produtividade ocorreu em 2021, para não usar o mesmo valor no cenário atual e no cenário otimista a produtividade de 2021 foi considerada para o cenário otimista (58,78 sacas/ha) e para o cenário atual considerou-se a produtividade média utilizada pela CONAB de 50 sacas/ha.

Os preços de venda de créditos de carbono variam de acordo com a localização dos projetos, categoria do projeto, ano de origem do crédito, tipo de mercado (se regulado ou voluntário), entre outros. Os cenários atual e pessimista do preço de venda de créditos de carbono foram escolhidos através de consulta dos relatórios anuais do

World Bank (<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/13334>) e do relatório de 2021 do EM Global Carbon Hub (EM, 2021). Para o cenário pessimista foi utilizado o preço médio de venda de créditos de projetos da categoria ARR no ano de 2009 (R\$9,20). Para o cenário atual foi utilizado o preço médio de venda da categoria ARR no ano de 2021, (R\$42,58). Como as complexidades e particularidades do mercado de carbono dificultam previsões de preços futuros, os valores previstos variam muito e possuem intervalos extensos, como estimativas de preços entre U\$47 e U\$200 (BLOOMBERG FINANCE L.P., 2022) para créditos de diferentes escopos ou estimativa de preços ideais entre U\$2 a U\$140 (CHU; GRAFTON; NGUYEN, 2022) para créditos de projetos florestais. Por isso, para o preço de venda do cenário otimista utilizou-se um valor conservador dentro do corredor de preço de carbono, estimado pelo Relatório da Comissão de Alto Nível sobre Precificação de Carbono (“Report of the High Level Commission on Carbon Pricing”), elaborado para direcionar instrumentos e políticas de precificação de carbono (WORLD BANK, 2017) que sugere preços entre U\$50 e U\$100/tCO<sub>2eq</sub> até 2030. Com o dólar a R\$5,15 os valores seriam equivalentes a R\$257,5 e R\$515,00. A variação de preço de venda e produtividade dos diferentes cenários constam na Tabela 3.

**Tabela 3** - Preço de venda da saca de 60kg de soja e da tonelada de carbono equivalente e produtividade da produção de soja (saca/ha) em cenário atual, otimista e pessimista.

		Atual	Otimista	Pessimista
Soja	Preço de venda	R\$158,40	R\$192,33	R\$ 54,24
	Produtividade	50,00	58,78	38,26
Restauração	Preço de venda	R\$42,58	R\$257,50	R\$9,20

## 5. RESULTADOS

### 5.1 O custo de oportunidade

O VPL e a TIR de cada modelo da soja e da restauração em larga escala em todas as combinações possíveis de cenários estão apresentados na Tabela 4. O custo de oportunidade da restauração (o VPL da soja) varia entre R\$7.477,18 e R\$65.909,04, nos cenários de preço de venda atual e produtividade pessimista e preço de venda e produtividade otimistas, respectivamente. Nenhum dos modelos da soja é economicamente viável no cenário de preço de venda pessimista (R\$54,24).

Os modelos da restauração só são economicamente viáveis no cenário de preço de venda otimista, com VPL variando entre R\$3.087,97 e R\$44.668,83 nos cenários com técnica de plantio de muda e VPL variando entre R\$10.636,75 e R\$60.856,00 para cenários com redução de custo de 25% e 50% com o uso da técnica de muvuca. Os modelos que mais se aproximam da situação atual no Brasil são o S3, com subsídio creditício e fiscal, no cenário de produtividade e preço de venda atuais e o R1 com plantio de muda, com subsídio apenas creditício, no cenário de preço de venda atual. Os modelos com melhor desempenho, em diferentes cenários, foram o S3 e o R3, ambos com subsídio creditício e fiscal.

**Tabela 4** – VPL e TIR de cada modelo da soja (S0, S1, S2 e S3) e da restauração em larga escala (R0, R1, R2 e R3) em todas as combinações de cenário de preço de venda, produtividade (Tabela 3) e técnica de plantio (restauração com plantio de muda, sem redução de custo e restauração com técnica de muvuca com redução de 25% e 50% nos custos com o restaur). S0 e R0 correspondem aos modelos sem subsídio; S1 e R1 aos modelos com subsídio creditício; S2 e R2 aos modelos com subsídio fiscal e S3 e R3 aos modelos com subsídio fiscal e creditício. Os valores pintados de cinza correspondem a cenários inviáveis, com VPL negativo.

		Soja									Restauração com plantio de muda		Restauração com redução de custo (muvuca)			
		Cenários de produtividade						25%		50%						
		Pessimista		Atual		Otimista										
		VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR									
Cenários de preços	Pessimista	S0	VPL	-R\$ 23.508,47	VPL	-R\$ 18.555,43	VPL	-R\$ 14.853,43	R0	VPL	-R\$ 30.977,04	VPL	-R\$ 23.428,26	VPL	-R\$ 15.879,48	
			TIR	-	TIR	-	TIR	-		TIR	-	TIR	-			
		S1	VPL	-R\$ 27.266,59	VPL	-R\$ 21.154,34	VPL	-R\$ 16.585,91	R1	VPL	-R\$ 33.099,08	VPL	-R\$ 25.005,49	VPL	-R\$ 16.911,90	
	TIR		-	TIR	-	TIR	-	TIR		-	TIR	-				
	S2	VPL	-R\$ 22.807,35	VPL	-R\$ 17.639,09	VPL	-R\$ 13.776,23	R2	VPL	-R\$ 30.850,60	VPL	-R\$ 23.301,82	VPL	-R\$ 15.753,05		
		TIR	-	TIR	-	TIR	-		TIR	-	TIR	-				
	S3	VPL	-R\$ 26.420,49	VPL	-R\$ 20.048,51	VPL	-R\$ 15.285,96	R3	VPL	-R\$ 32.837,59	VPL	-R\$ 24.744,01	VPL	-R\$ 16.650,42		
		TIR	-	TIR	-	TIR	-		TIR	-	TIR	-				
	Cenários de preços	Atual	S0	VPL	R\$ 7.477,18	VPL	R\$ 21.941,80	VPL	R\$ 32.752,96	R0	VPL	-R\$ 26.516,21	VPL	-R\$ 18.967,43	VPL	-R\$ 11.418,65
				TIR	30,37%	TIR	54,89%	TIR	72,28%		TIR	-4,79%	TIR	-2,87%	TIR	0,08%
			S1	VPL	R\$ 10.970,99	VPL	R\$ 28.820,94	VPL	R\$ 42.162,35	R1	VPL	-R\$ 23.873,71	VPL	-R\$ 15.780,12	VPL	-R\$ 7.686,54
		TIR		30,37%	TIR	54,89%	TIR	72,28%	TIR		-4,79%	TIR	-2,87%	TIR	0,08%	
S2		VPL	R\$ 9.524,70	VPL	R\$ 24.617,84	VPL	R\$ 35.898,77	R2	VPL	-R\$ 25.942,91	VPL	-R\$ 18.394,14	VPL	-R\$ 10.845,36		
		TIR	34,51%	TIR	60,90%	TIR	79,96%		TIR	-3,99%	TIR	-2,00%	TIR	1,07%		
S3		VPL	R\$ 13.441,90	VPL	R\$ 32.050,34	VPL	R\$ 45.958,67	R3	VPL	-R\$ 22.688,09	VPL	-R\$ 14.594,50	VPL	-R\$ 6.500,91		
		TIR	34,51%	TIR	60,90%	TIR	79,96%		TIR	-3,99%	TIR	-2,00%	TIR	1,07%		
Cenários de preços		Otimista	S0	VPL	R\$ 17.570,72	VPL	R\$ 35.133,73	VPL	R\$ 48.260,68	R0	VPL	R\$ 3.087,97	VPL	R\$ 10.636,75	VPL	R\$ 18.185,53
				TIR	47,67%	TIR	76,03%	TIR	96,35%		TIR	14,58%	TIR	18,88%	TIR	25,99%
			S1	VPL	R\$ 23.426,84	VPL	R\$ 45.100,33	VPL	R\$ 61.299,53	R1	VPL	R\$ 37.350,18	VPL	R\$ 45.443,77	VPL	R\$ 53.537,36
		TIR		47,67%	TIR	76,03%	TIR	96,35%	TIR		14,58%	TIR	18,88%	TIR	25,99%	
	S2	VPL	R\$ 20.056,82	VPL	R\$ 38.382,99	VPL	R\$ 52.080,34	R2	VPL	R\$ 6.626,83	VPL	R\$ 14.175,61	VPL	R\$ 21.724,39		
		TIR	53,07%	TIR	84,11%	TIR	106,78%		TIR	16,04%	TIR	20,56%	TIR	28,05%		
	S3	VPL	R\$ 26.427,03	VPL	R\$ 49.021,49	VPL	R\$ 65.909,04	R3	VPL	R\$ 44.668,83	VPL	R\$ 52.762,41	VPL	R\$ 60.856,00		
		TIR	53,07%	TIR	84,11%	TIR	106,78%		TIR	16,04%	TIR	20,56%	TIR	28,05%		
			Pessimista		Atual		Otimista						25%		50%	
			Cenários de produtividade								Restauração com redução de custo (muvuca)					
			Soja						Restauração com plantio de muda							

## **5.2 Cenários em que a restauração ultrapassa o custo de oportunidade**

Os cenários em que a restauração apresentou VPL maior que o VPL da soja estão representados na Figura 1 (para detalhes da diferença entre os VPLs ver Tabela 7, no anexo). Nos cenários que as duas atividades são economicamente viáveis, a soja apresentou melhor desempenho, com VPL mais de 20% maior que o VPL da restauração na maioria das vezes. No cenário de preço de venda otimista e produtividade atual para soja e preço de venda otimista com plantio de mudas para restauração, os modelos R1 e R3 apresentaram bom desempenho em comparação com modelos R0 e R2 com plantio de mudas. O modelo R3 se aproximou também do modelo S3 (que apresentou melhor desempenho para soja) nesse cenário, com VPL apenas 10% menor.



desempenho, ultrapassando alguns modelos da soja inclusive no cenário de preço de venda e produtividade otimista para leguminosa. Os modelos de restauração com redução de custo de 50% ultrapassaram todos os modelos da soja no cenário de produtividade pessimista e preço de venda atual.

### 5.3 Preço mínimo e custos com maior contribuição

Os modelos de restauração não são viáveis em pequena escala em nenhum dos preços de venda usados anteriormente, por isso, foram testados os preços mínimos de venda de crédito para viabilidade do projeto de restauração com plantio de mudas em larga escala e restauração passiva em pequena escala (Tabela 5). Além disso, testou-se o preço de venda em que cada modelo se aproxima do maior VPL da soja (R\$65.909,04), chamado de preço de venda competitivo.

**Tabela 5** – Preço de venda de crédito mínimo e competitivo com o maior VPL da soja (R\$65.909,04) para restauração com plantio de mudas em larga e restauração passiva em pequena escala e seus respectivos VPL e TIR para todos os modelos.

Restauração em larga escala com plantio de mudas					
Preço de venda	VPL e TIR	R0	R1	R2	R3
Mínimo	VPL	R\$1,13	R\$13.659,03	R\$61.11	R\$13.672,50
	TIR	13,25%	9,26%	13.28%	9,26%
	R\$/TonCO <sub>2eq</sub>	R\$235,00	R\$174,00	R\$214,00	R\$158,20
Competitivo	VPL	R\$65.853,76	R\$65.864,68	R\$65.869,25	R\$65.738,84
	TIR	34,60%	19,91%	34,60%	19,89%
	R\$/TonCO <sub>2eq</sub>	R\$715,00	R\$358,00	R\$650,00	R\$325,00
Restauração em pequena escala					
Preço de venda	VPL e TIR	R0	R1	R2	R3
Mínimo	VPL	R\$9.799,54	R\$13.607,40	R\$21.324,76	R\$13.625,87
	TIR	17,01%	9,26%	11,06%	9,26%
	R\$/TonCO <sub>2eq</sub>	R\$415,00	R\$348,80	R\$376,00	R\$317,10
Competitivo	VPL	R\$65.499,89	R\$65.586,07	R\$65.656,38	R\$65.723,42
	TIR	32,71%	19,27%	32,75%	19,29%
	R\$/TonCO <sub>2eq</sub>	R\$890,00	R\$532,00	R\$810,00	R\$484,00

O custo total de cada etapa e sua contribuição percentual para o custo total para os modelos da soja no cenário de preço de venda e produtividade otimista e da restauração em larga e pequena escala no cenário de preço de venda otimista estão

representados na Tabela 8, Tabela 9 e na Tabela 10, no anexo. Para a soja os agrotóxicos foram os custos mais significativos e variaram entre 27,16% e 28,94%, com PIS e COFINS contribuindo com apenas 8,97%. Para restauração em larga escala os custos com a restauração em si apresentaram maior contribuição, variando entre 40,55% e 52,54%, com PIS, COFINS e ISS contribuindo com até 22,82%. Para restauração em pequena escala os custos mais significativos foram os operacionais, variando entre 53,30% e 62,53%, com PIS, COFINS e ISS contribuindo com apenas 14,77%.

#### 5.4 Ano de retorno do investimento

O ano de retorno do investimento dos modelos da soja variou entre 2023 e 2027 (Tabela 6). Para a restauração em larga escala com plantio de mudas o ano de retorno do investimento variou entre 2040 para o modelo R0 e 2030 (décimo ano do projeto) para os modelos R1 e R3 (Tabela 6). A restauração com redução de 25% apresentou 2030 como ano de retorno para todos os modelos. No cenário com redução de 50%, o modelo R3 apresentou retorno em 2025.

**Tabela 6** - Ano de retorno do investimento para cada um dos modelos da soja e da restauração em larga escala com diferentes técnicas de plantio em cenários economicamente viáveis. Produção iniciada no ano de 2021 e concluída em 2045.

Soja				
Preço de venda/ Produtividade	S0	S1	S2	S3
Atual/Atual	2024	2024	2024	2024
Otimista/Atual	2023	2023	2023	2023
Atual/Otimista	2023	2023	2023	2023
Otimista/Otimista	2023	2023	2023	2023
Atual/Pessimista	2027	2026	2026	2025
Otimista/Pessimista	2024	2024	2024	2024
Restauração com plantio de mudas				
Preço de venda	R0	R1	R2	R3
Otimista	2040	2030	2035	2030
Restauração com redução de custo de 25% (muvuca)				
Preço de venda	R0	R1	R2	R3
Otimista	2030	2030	2030	2030
Restauração com redução de custo de 50% (muvuca)				
Preço de venda	R0	R1	R2	R3
Otimista	2030	2030	2030	2025

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 Custos vs. dados da literatura

O custo de produção da soja do modelo S3, que representa o cenário atual de incentivos financeiros e creditícios, sem influência da inflação, sem o custo de compensação de RL e sem o custo da compra do maquinário foi de R\$3.678,50. Segundo a CONAB, o custo de produção da soja mecanizada, com técnica de plantio direto e semente geneticamente modificada (mesmas condições de produção dos entrevistados em Teodoro Sampaio) no município de Assis (SP) para a safra de 2021/2022 foi de R\$3.417,97, uma diferença de R\$260,53. A CONAB oferece informações do custo de produção de diferentes municípios em estados com grande produção de soja, como o Mato Grosso. Comparando o custo de produção dos municípios de Sorriso e Primavera do Leste nas mesmas condições de produção, a diferença foi de R\$843,94, com custo de R\$3.484,42 e R\$4.328,36, respectivamente. Portanto, mesmo com baixo esforço amostral o custo de produção obtido para a região de interesse condiz com valores encontrados na literatura (informações de produção em outros anos e diferentes estados e municípios podem ser encontradas na série histórica da CONAB, <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/824-soja>).

O custo da restauração em larga escala de todos os modelos, sem o efeito da inflação e os custos adicionais relacionados a melhorias sociais, foi estimado em R\$23.113,87, semelhante ao valor encontrado na literatura, que estima o custo da com plantio de mudas em até R\$21.271,00/ha (TYMUS et al., 2018). Para a restauração de pequena escala o custo foi menor por se tratar de restauração 100% passiva, totalizando R\$9.436,02.

Embora os valores encontrados para a soja e para a restauração sejam condizentes com a literatura, os VPLs obtidos são uma representação de cenários que devem ser utilizados de guia com a devida precaução, já que são modelagens sensíveis a variações agrícolas, ambientais e econômicas.

## 6.2 Incentivos para projetos ARR

Observando os custos, receitas e VPLs da soja e da restauração em diferentes cenários é possível identificar alguns fatores que contribuiriam com o bom desempenho de cada atividade. O rendimento dos modelos R1 e R3 em larga escala com plantio de mudas demonstram o impacto que os subsídios podem ter no VPL da restauração. Observando apenas o subsídio creditício, os modelos R0 e R1 demonstram uma diferença de R\$34.262,21 no VPL. Os subsídios fiscais podem contribuir com diferença de R\$3.538,86 (observando-se os modelos R0 e R2) e a combinação de subsídios creditícios e fiscais pode aumentar o VPL em R\$41.580,85 (comparação entre modelos R0 e R3). Além disso, os modelos R1 e R3 foram os que apresentaram melhores resultados quando comparados com a soja, mostrando maior potencial de competitividade com a outra atividade rural.

Atualmente já existe o cenário do modelo R1, de subsídio creditício, através de financiamento pelo Programa ABC, mas ainda assim, com isenção de PIS, COFINS e ISS há possibilidade de um aumento de R\$3.538,86 no VPL. Lembrando que esses valores são considerando impostos que incidem sobre a receita bruta da venda de créditos a R\$ 257,50, para receitas de créditos mais caros ou em maior quantidade a contribuição para o VPL pode ser ainda maior.

Nos cenários em que a diferença de VPL entre os modelos R1 e R3 da restauração com plantio de mudas e os modelos da soja é de até 10%, um aumento de R\$3.735,02/ha ao longo do fluxo para R1 e R\$4.466,88/ha para R3 faz com que os dois modelos ultrapassem o custo de oportunidade. Por propriedade isso equivale a um aumento de cerca de R\$800 mil. Para o projeto como um todo, ou seja, os 5.000ha, seria um aumento de cerca de R\$22 milhões. Para os cenários com diferença de 11% a 20% seria necessário um acréscimo entre R\$4.108,52/ha e R\$7.470,04/ha para R1 e entre R\$4.913,57/ha e R\$8.933,77/ha para R3. O equivalente a cerca de R\$820 mil a 1,7 milhões de acréscimo por propriedade e de R\$20 a R\$ 44 milhões de aumento em toda área do projeto. O Plano Safra de 2021/2022 contou com R\$251,22 bilhões em crédito rural, sendo R\$5 bilhões para o Programa ABC. O valor destinado ao Programa ABC equivale ao aumento de 20% em cerca de 112 projetos de 5mil hectares.

Para restauração de larga escala com plantio de mudas os maiores custos estão associados a etapa “restauração”, que contribui com 40,55% a 52,54% do custo total. Dentro dos custos dessa etapa, os mais significativos são os gastos com compra de mudas, plantio e manutenção do plantio, atividades que ocorrem nos 3 primeiros anos do projeto. O impacto desses custos no VPL fica ainda mais evidente quando observada a diferença no desempenho dos modelos com utilização da técnica de muvuca. Investimentos no barateamento das operações através de incentivos para produção de mudas e sementes e no desenvolvimento e aprimoramento de técnicas e tecnologias de plantio, como a muvuca, podem contribuir com uma redução significativa nos custos e consequente melhora no desempenho econômico da atividade de restauração.

Além disso, considerando a relação entre florestas, o ciclo de chuvas e a disponibilidade de água (ELLISON et al., 2017), é possível fazer uma associação entre projetos de carbono relacionados a plantio de nativas e PSE voltados para recursos hídricos. Com a possibilidade de ter a proteção de recursos hídricos potencializada quando a restauração for combinada com esforços de conservação em áreas estratégicas de bacias hidrográficas (FREITAS et al., 2022).

Outra maneira de aumentar a atratividade de projetos restauração é através da combinação com outras atividades econômicas permitidas em área de reserva legal, como Sistemas Agroflorestais (SAFs) e silvicultura de espécies nativas, ambas comprovadamente viáveis economicamente (GONÇALVES et al., 2021; SOARES; CALMON; MATSUMOTO, 2021).

As diferenças entre os cenários da restauração em pequena e larga escalas demonstram a importância desse fator em projetos de venda de crédito de carbono. Como parte dos custos é determinada pelas certificadoras, que possuem taxas fixas sem grandes variações devido mudanças no tamanho da área, projetos de larga escala conseguem distribuir os custos, diminuindo o ônus por hectare. Comparando a contribuição dos custos da certificação do modelo R3 em larga e pequena escala sem considerar os custos operacionais, de contratação da empresa e comissão de vendas, a diferença é de 5,88%, com a restauração em pequena escala apresentando um valor maior, mesmo com menos selos (não inclui CCB e SDVista). O maior impacto é observado pela contribuição dos custos operacionais que vão de 8,02% no cenário de

larga escala para 62,53% no cenário em pequena escala (também para o modelo R3) pois a complexidade da elaboração de um projeto de carbono exige uma equipe multidisciplinar especializada e o custo constante de mantê-la.

O cultivo de soja conta com apoio técnico da EMBRAPA e de cooperativas. Segundo os entrevistados, na compra de insumos a cooperativa fornecia auxílio técnico gratuitamente, com visitas a lavoura sem custo para o produtor. Para projetos de restauração não há a mesma facilidade e suporte, portanto, o apoio de uma empresa como a EMBRAPA ou de parcerias público-privadas na elaboração e acompanhamento do projeto poderia contribuir com a diminuição dos custos, aumentando principalmente a viabilidade de projetos de pequena escala. A criação de metodologias e certificações mais acessíveis ao contexto brasileiro<sup>1</sup> para geração de créditos de carbono também pode contribuir na redução de custos operacionais.

Além disso, incentivos para que proprietários concluam a regularização da RL em menos tempo, já que ela pode ocorrer em até 20 anos, com recomposição de, no mínimo, um décimo da área total a cada 2 anos (MARÇON; FERREIRA; BAPTISTELLA, 2021), podem estimular uma maior quantidade de projetos de venda de crédito com escala que favoreça um maior retorno financeiro.

O agronegócio brasileiro possui a importância que tem hoje devido investimentos, incentivos e demandas nacionais e internacionais ao longo do tempo (SØNDERGAARD, 2020). Durante a COP-10 ao estabelecimento das Metas de Aichi, o Brasil se comprometeu a, entre outras coisas, aumentar a resiliência de ecossistemas e a contribuição da biodiversidade com estoques de carbono através da recuperação de pelo menos 15% dos ecossistemas degradados até 2020. Além disso, se comprometeu com a diminuição de 37% nas emissões de GEE até 2025 e 43% até 2030 através da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), documento que registra as metas de cada país para evitar que a temperatura global aumente 2°C. A NDC de 2015 estabelecia que uma das estratégias para o alcance da meta seria a restauração de 12 milhões de

---

<sup>1</sup> - Como por exemplo a “Methodology for Carbon Removal in Private Conservation Areas” disponível em [https://static1.squarespace.com/static/6161c89d030b89374bec0b70/t/626e923a15fb316524644003/1651413562933/SCM0003-v.1.0-public\\_consultation.pdf](https://static1.squarespace.com/static/6161c89d030b89374bec0b70/t/626e923a15fb316524644003/1651413562933/SCM0003-v.1.0-public_consultation.pdf) e a metodologia “PSA Carbonflor” disponível em <https://www.reservasvotorantim.com.br/consulta-publica-psa-mata-atlantica/>.

hectares de florestas até 2030. Com a demanda internacional pela redução de GEE e os acordos internacionais firmados o cenário é favorável ao mercado de carbono.

Em 2021 o mercado de carbono regulado movimentou U\$851 bilhões, a maior parte no Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS). No mercado voluntário a movimentação foi de U\$1bilhão (CHESTNEY, 2022). Em diferentes cenários, estima-se que o Brasil tem potencial de gerar de U\$493 milhões a U\$100 bilhões até 2030 através da venda de créditos de carbono, com a maior parte dos créditos provindos do setor florestal (ICC, 2021).

O artigo 8 do projeto de lei 528/2021, que regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões, discorre sobre a isenção de PIS e COFINS para transações nacionais no mercado voluntário de créditos de carbono. Com os resultados aqui apresentados inclui-se a necessidade de isenção do ISS, que apresenta uma taxa maior que PIS e COFINS somados. Na cidade de São Paulo, estão isentos de ISS serviços prestados na área de transporte metropolitano, saúde, educação, habitação de interesse social e iluminação pública, além de serviços prestados por organizações sociais (Lei 16.127/2015). Basicamente, serviços que contribuem com a segurança e qualidade de vida da população. Considerando as externalidades da restauração florestal (algumas listadas em ELLISON et al., 2017), não há porque não incluir esse serviço na lista de isenções.

É necessário frisar que o projeto abordado nesse trabalho trata de um tipo específico de projeto de venda de créditos de carbono. Existem diversas categorias de crédito, algumas associadas a redução de emissões no setor industrial, outras de transporte, de construção, etc. (<https://verra.org/methodologies/>). Os subsídios não devem ser oferecidos indiscriminadamente, pois podem acabar favorecendo atividades com mais externalidades negativas do que positivas ou pode beneficiar setores do mercado de carbono que não são de grande interesse para o Brasil, como observado em críticas aos subsídios do agronegócio, em que discute-se que os maiores beneficiados dos subsídios oferecidos com dinheiro público são empresas multinacionais que atuam em diferentes etapas do setor e não o agronegócio brasileiro em si (CORCIOLI; MEDINA; ARRAIS, 2022). Portanto, para evitar incentivos perversos no mercado de carbono brasileiro é preciso levar em consideração suas particularidades. Aqui discute-se a

redução de impostos para projetos do tipo ARR focados em espécies nativas. Conservadoramente, com o objetivo de incentivar o plantio de espécies nativas, os subsídios podem ser ampliados para projetos REDD+, IFM (do inglês “Improved Forest Management”, que envolve o aumento do sequestro de carbono através da melhoria do manejo florestal) direcionado a manejo de espécies nativas e projetos ARR que incluam exploração econômica através de sistemas agroflorestais e/ou exploração madeireira de espécies nativas.

### **6.3 Preço de venda do crédito de carbono**

O preço mínimo de venda da tonelada de carbono para viabilidade do projeto de larga escala também demonstra o possível impacto dos subsídios, variando de R\$158,20 a R\$235,00, uma diferença de R\$76,80 (32,68%) entre os modelos R0 e R3. Entre os modelos R1 e R3 essa diferença diminui para apenas R\$15,8 (9,08%). Para todos os modelos de restauração testados, em larga e pequena escala, o preço mínimo se manteve dentro ou abaixo do intervalo de preço de venda sugerido pelo Relatório da Comissão de Alto Nível sobre Precificação de Carbono (entre 50-100 dólares, equivalente a R\$257,50-R\$515,00). Essa sugestão de preço leva em consideração evidências da indústria, experiência política e dados da literatura para garantir que as emissões de GEE não causem um aumento de temperatura global maior que 2°C (WORLD BANK, 2017). Há também sugestões de preço baseadas no custo social do carbono, que leva em consideração os custos econômicos causados pelas mudanças climáticas resultantes de emissões de CO<sub>2</sub> (RICKE et al., 2018). Pelo critério do custo social, o valor sugerido para o Brasil varia entre U\$14 e U\$24 (RICKE et al., 2018).

O desempenho dos modelos com o preço de venda atual dos créditos de carbono indica a necessidade de estímulos econômicos nesse setor, seja pela cobrança de mitigação de emissões de grandes poluidores através de um mercado regulado, pela definição de um valor mínimo de venda de créditos, a combinação de ambas e/ou outras políticas de incentivo.

## 7. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados explicitam o desafio de tornar a restauração em área de RL mais atrativa que a produção de soja no Pontal do Paranapanema. Dentre os cenários apresentados a redução de custo da restauração através do uso de técnicas mais baratas apresentou os resultados mais promissores. Isso reforça a urgência de incentivos para aprimoramento de técnicas alternativas para que elas atendam as demandas e expectativas da restauração utilizada para geração de créditos de carbono.

A restauração em pequena escala se mostrou ainda mais desafiadora, com preço de venda necessário para que o VPL se aproxime do VPL da soja no melhor cenário ultrapassando o intervalo sugerido como ideal pela literatura. Para esse cenário as ações necessárias para aumentar sua atratividade econômica devem focar na redução dos custos operacionais.

Incentivos através da isenção de impostos também podem contribuir com o melhor desempenho de atividades de restauração. No Plano Safra de 2021/2022 apenas 2% do valor total foi destinado ao Programa ABC, tendo em mente os benefícios que a floresta pode trazer para produção agrícola, citados ao longo do texto (como diminuição de pragas agrícolas, proteção do solo, proteção de recursos hídricos), e a pressão cada vez maior no mercado mundial para redução de emissões (FOLHA DE SP, 2022), o investimento em florestas nativas também é um investimento no agronegócio brasileiro. Além disso, para cumprir metas de acordos internacionais e atingir seu potencial no mercado de carbono, cada vez mais em alta no mundo, o Brasil precisa investir nessa área.

## 8. REFERÊNCIAS

AGROICONE. **Mercado de terras para compensação de Reserva Legal**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.inputbrasil.org/publicacoes/mercado-de-terras-para-a-compensacao-de-reserva-legal/>>.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ANGELO, J. A.; OLIVEIRA, M. D. M.; GHOBRI, C. N. Balança Comercial dos Agronegócios Paulista e Brasileiro, Janeiro a Abril de 2021. **Análise e Indicadores do Agronegócio**, v. 16, n. 5, p. 13, 2021.

BANKS-LEITE, C. et al. Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of

set-asides in a biodiversity hotspot. **Science**, v. 345, n. 6200, p. 1041–1045, 2014.

BARANZINI, A. et al. Carbon pricing in climate policy: seven reasons, complementary instruments, and political economy considerations. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 8, n. 4, 2017.

BLOOMBERG FINANCE L.P. Carbon offsets price may rise 3,000% by 2029 under tighter rules. p. 1–5, 2022.

BOYCE, J. K. Carbon Pricing: Effectiveness and Equity. **Ecological Economics**, v. 150, n. March, p. 52–61, 2018.

BRANCALION, P. H. S. et al. **Finding the money for tropical forest restoration**. Unasylva, Vol. 63, , 2012.

CAMARGO, F. P. et al. Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, Levantamento Parcial, Ano Agrícola 2020/21 e Levantamento Final, Ano Agrícola 2019/20, Novembro de 2020. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 16, n. 2, p. 15, 2021.

CAMPOS-FILHO, E. M. et al. Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, n. 7, p. 702–727, 2013.

CAMPOS, S. A. C.; BACHA, C. J. C. Determinantes do custo de oportunidade dos fazendeiros em manterem a reserva legal – os casos paulista e mato-grossense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 288–308, 2019.

CARDENAS, J. C.; STRANLUND, J.; WILLIS, C. Local environmental control and institutional crowding-out. **World Development**, v. 28, n. 10, p. 1719–1733, 2000.

CHAZDON, R. L. et al. When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration. **Ambio**, v. 45, n. 5, p. 538–550, 2016.

CHAZDON, R. L. et al. People, primates and predators in the Pontal: From endangered species conservation to forest and landscape restoration in Brazil's Atlantic Forest. **Royal Society Open Science**, v. 7, n. 12, 2020.

CHESTNEY, N. Global carbon markets value surged to record \$851 bln last year-Refinitiv. **Reuters**, 2022.

CHU, L.; GRAFTON, R. Q.; NGUYEN, H. A global analysis of the break-even prices to reduce atmospheric carbon dioxide via forest plantation and avoided deforestation. **Forest Policy and Economics**, v. 135, 2022.

CNA & CEPEA. **PIB do agronegócio**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/sut.pib\\_dez\\_2020.9mar2021.pdf](https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/sut.pib_dez_2020.9mar2021.pdf)>.

COLLINGE, S. K. Fragment Size and Isolation. In: **Ecology of Fragmented Landscapes**. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, 2009. p. 39–63.

CONAB. **NORMA METODOLOGIA DO CUSTO DE PRODUÇÃO - 30.302**. [s.l.: s.n.].

CORCIOLI, G.; MEDINA, G. DA S.; ARRAIS, C. A. Missing the Target: Brazil's Agricultural Policy Indirectly Subsidizes Foreign Investments to the Detriment of Smallholder Farmers and Local Agribusiness. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, n. January, p. 1–15, 2022.

COSIT; RFB. Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural: Perguntas e respostas. **Revista Diadorim**, v. 18, n. 1, 2021.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997.

COSTANZA, R. et al. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1–16, 2017.

CULLEN, L. J. et al. The use of selected species in landscape planning and restoration of the Atlantic forest, Brazil. **Restoration of the Brazilian Atlantic Forest**, n. 1999, p. 41–56, 2016.

D'ADDA, G. Motivation crowding in environmental protection: Evidence from an artefactual field experiment. **Ecological Economics**, v. 70, n. 11, p. 2083–2097, 2011.

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Ecological Economics: Principles and Applications**. 2. ed. [s.l.] Island Press, 2010.

DANLEY, B.; WIDMARK, C. Evaluating conceptual definitions of ecosystem services and their implications. **Ecological Economics**, v. 126, p. 132–138, 2016.

DE GROOT, R. et al. Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. **The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations**, n. March, p. 9–40, 2012.

DÍAZ, S. et al. Assessing nature's contributions to people. **Science**, v. 359, n. 6373, p. 270–272, 2018.

DURIGAN, G.; SUGANUMA, M. S.; MELO, A. C. G. Expected values for attributes of riparian forests undergoing restoration at different ages. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 44, n. 110, p. 463–474, 2016.

ELLISON, D. et al. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. **Global Environmental Change**, v. 43, p. 51–61, 2017.

EM. **Markets in Motion: State of the Voluntary Carbon Markets 2021 Installment 1** Washington DC: Forest Trends Association. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=6813242&site=ehost-live>>.

EMBRAPA. **Cultivares de soja**, 2019. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128705/1/cataologo-soja.5.2015.pdf>>

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. **Ecological Economics**, v. 65, n. 4, p. 663–674, 2008.

ERMGASSEN, E. K. H. J. Z. et al. Using supply chain data to monitor zero deforestation commitments: an assessment of progress in the Brazilian soy sector. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 3, p. 35003, 2020.

EUROPOL. Carbon Credit Fraud Causes More Than 5 Billion Euros Damage For European Taxpayer. **Press Release**, n. December, p. 1–2, 2009.

FAO. **INVESTING IN THE FUTURE: AN ASSESSMENT OF PRIVATE SECTOR DEMAND FOR ENGAGING IN MARKETS & PAYMENTS FOR ECOSYSTEM SERVICES**. Washington, D.C.: [s.n.].

FAO. ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT WORKING PAPER Carbon Finance Possibilities for Agriculture , Forestry and Other Land Use Projects in a. **Forestry**, p. 38, 2010.

FAO. **The State Of Food and Agriculture: Climate Change, Agriculture and Food Security**. Roma: [s.n.].

FARLEY, J.; COSTANZA, R. Payments for ecosystem services: From local to global. **Ecological Economics**, v. 69, n. 11, p. 2060–2068, 2010.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 643–653, 2008.

FOLHA DE SP. Maior fundo soberano do mundo exige neutralidade de carbono até 2050. p. 20–22, 2022.

FOLKE, C. et al. Transnational corporations and the challenge of biosphere stewardship. **Nature Ecology and Evolution**, v. 3, n. 10, p. 1396–1403, 2019.

FREITAS, F. L. M. DE et al. Nota técnica: Malha fundiária do Brasil. **Atlas - A Geografia da Agropecuária Brasileira**, v. 1812, p. 5, 2018.

FREITAS, L. DE et al. How Far Can Nature-Based Solutions Increase Water Supply Resilience to Climate Change in One of the Most Important Brazilian Watersheds? **Earth**, v. 3, n. 3, p. 748–767, 2022.

GAVRAS, D. Chuvas abaixo da média tiram brasileiro 80 bi por ano do PIB. 2021.

GIBBS, H. K. et al. Brazil's Soy Moratorium: Supply-chain governance is needed to avoid deforestation. **Science**, v. 347, n. 6220, p. 377–378, 2015.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GONÇALVES, N. et al. Potential economic impact of carbon sequestration in coffee agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 2, p. 419–430, 2021.

GUIDOTTI, V. et al. Números detalhados do novo Código Florestal e suas implicações para o PRAs. **Sustentabilidade em Debate**, v. 5, n. May, p. 1–10, 2017.

HEILMAYR, R. et al. Brazil's Amazon Soy Moratorium reduced deforestation. **Nature Food**, v. 1, n. 12, p. 801–810, 2020.

ICC. **Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.iccbrasil.org/publicacao/relatorio-icc-brasil-waycarbon-oportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono/>>.

IPBES. APRESENTANDO O DIAGNÓSTICO BRASILEIRO DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOS SISTÊMICOS. In: **1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 2019. p. 6–28.

IUCN; WRI. **Guia sobre a Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração (ROAM)**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-030-Pt.pdf>>.

KOLLMUSS; ZINK; POLYCARP. Making Sense of the Voluntary Carbon Market. **Sustainable Development**, v. 51, n. 2, p. 105, 2008.

LEE, D. H.; KIM, D. HWAN; KIM, S. IL. Characteristics of forest carbon credit transactions in the voluntary carbon market. **Climate Policy**, v. 18, n. 2, p. 235–245, 2018.

LIRA, P. K. et al. Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 278, p. 80–89, 2012.

MANSOURIAN, S. From landscape ecology to forest landscape restoration. **Landscape Ecology**, v. 36, n. 8, p. 2443–2452, 2021.

MANSOURIAN, S.; SGARD, A. Diverse interpretations of governance and their relevance to forest landscape restoration. **Land Use Policy**, v. 104, n. May, p. 104011, 2019.

MAPA. **Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação da Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – PLANO ABC** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: [s.n.].

MAPA. **Plano Agrícola e Pecuário 2021/2022**. Brasília: [s.n.].

MARÇON, S.; FERREIRA, L. G. DE S.; BAPTISTELLA, C. A. **Agro Legal – Orientações, Diretrizes e Critérios Aplicáveis à Recomposição da Vegetação Nativa**. São Paulo: [s.n.].

MARTIN, P.; WALTERS, R. Fraud risk and the visibility of carbon. **International Journal for Crime, Justice and Social Democracy**, v. 2, n. 2, p. 27–42, 2013.

MCAFEE, K. Green economy and carbon markets for conservation and development: a critical view. **International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics**, v. 16, n. 3, p. 333–353, 2016.

MEA. **Millenium Ecosystem Assessment Synthesis Report**. Washington, DC: [s.n.].

MELI, P. et al. Optimizing seeding density of fast-growing native trees for restoring the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 2, p. 212–219, 2017.

METZGER, J. P. et al. Por que o Brasil precisa de suas Reservas Legais. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 3, p. 104–116, 2019.

MILHORANCE, C. et al. The politics of climate change adaptation in Brazil: framings and policy outcomes for the rural sector. **Environmental Politics**, v. 31, n. 2, p. 183–204, 2022.

MITTERMEIER, R. A. et al. **Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots**. 2011.

MOROS, L.; VÉLEZ, M. A.; CORBERA, E. Payments for Ecosystem Services and Motivational Crowding in Colombia's Amazon Piedmont. **Ecological Economics**, v. 156, n. December 2017, p. 468–488, 2019.

MURADIAN, R. et al. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1202–1208, 2010.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. February, p. 853–8, 2000.

NEWELL, R. G.; PIZER, W. A.; RAIMI, D. Carbon markets 15 years after Kyoto: Lessons learned, new challenges. **Journal of Economic Perspectives**, v. 27, n. 1, p. 123–146, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, A.; FONTES, M. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate<sup>1</sup>. **Biotropica**, v. 32, n. March 1999, p. 793–810, 2000.

PAGE, G.; BELLOTTI, B. Farmers value on-farm ecosystem services as important, but

what are the impediments to participation in PES schemes? **Science of the Total Environment**, v. 515–516, p. 12–19, 2015.

PASCUAL, U. et al. Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 26–27, p. 7–16, 2017.

PEARSE, R.; BÖHM, S. Ten reasons why carbon markets will not bring about radical emissions reduction. **Carbon Management**, v. 5, n. 4, p. 325–337, 2014.

REYES, O. EU Emissions Trading System: failing at the third attempt. **Environment**, n. April 2011, p. 1–11, 2011.

REYES, O. Paying the Polluters : EU emissions trading and the new corporate electricity subsidies. n. February, 2012.

REZENDE, C. L. et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208–214, 2018.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141–1153, 2009.

RICKE, K. et al. Country-level social cost of carbon. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 10, p. 895–900, 2018.

RITCHIE, H.; ROSER, M. Forests and Deforestation. **Our World in Data**, 2021.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERRNHAGEN, I. **PACTO pela restauração da Mata Atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009.

RODRIGUES, S. B. et al. Direct seeded and colonizing species guarantee successful early restoration of South Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 451, n. August, p. 117559, 2019.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do estado de são paulo**: [s.l: s.n.].

SALZMAN, J. et al. The global status and trends of Payments for Ecosystem Services. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 3, p. 136–144, 2018.

SIGAM. **Reserva legal**. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <[https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Reserva\\_Legal.pdf](https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Reserva_Legal.pdf)>.

SILVA, J. R. et al. Valor da Produção Agropecuária nas Regiões do Estado de São Paulo em 2020. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 16, n. 5, p. 7, 2021.

SILVA, R. et al. **IMPLICAÇÕES DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA NA ATIVIDADE DE**

**PLANTIO DE FLORESTAS NATIVAS PARA FINS ECONÔMICOS.** [s.l: s.n.].

SNGR, U. / P. Perfil Territorial Pontal do Paranapanema, SP. p. 11, 2015.

SOARES, D. S.; CALMON, M.; MATSUMOTO, M. **Reflorestamento com Espécies Nativas: Estudo de casos, Viabilidade Econômica e Benefícios Ambientais.** [s.l: s.n.].

SØNDERGAARD, N. Food regime transformations and structural rebounding: Brazilian state–agribusiness relations. **Territory, Politics, Governance**, p. 1–20, 2020.

STIGLITZ, J. Overcoming the Copenhagen failure with flexible commitments. **Economics of Energy and Environmental Policy**, v. 4, n. 2, p. 29–36, 2015.

STUART, D.; GUNDERSON, R.; PETERSEN, B. Climate Change and the Polanyian Counter-movement: Carbon Markets or Degrowth? **New Political Economy**, v. 24, n. 1, p. 89–102, 2017.

TAMBOSI, L. R. et al. A framework to optimize biodiversity restoration efforts based on habitat amount and landscape connectivity. **Restoration Ecology**, v. 22, p. 169–177, 2014.

THE WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing 2021.** [s.l: s.n.].

TURNER, M. G. Landscape ecology: What is the state of the science? **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 36, n. December 2005, p. 319–344, 2005.

TYMUS, J. R. C. et al. **Restauração da vegetação nativa no Brasil: caracterização de técnicas e estimativas de custo como subsídio a programas e políticas públicas e privadas de restauração em larga escala: relatório de pesquisa.** [s.l: s.n.].

UEZU, A.; CULLEN JR., L. Conservação da biodiversidade com SIG: lacunas entre implementação e pesquisa. In: [s.l: s.n.]. p. 13–22.

UEZU, A.; METZGER, J. P. Vanishing bird species in the Atlantic Forest: Relative importance of landscape configuration, forest structure and species characteristics. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, n. 14, p. 3627–3643, 2011.

VAN DEN BERGH, J.; BOTZEN, W. Low-carbon transition is improbable without carbon pricing. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 117, n. 38, p. 23219–23220, 2020.

VARIAN, H. R. **Intermediate Microeconomics : a Modern Approach.** 9. ed. New York: W. W. Norton & Company, 2014.

WEF. **Forests for Climate : Scaling up Forest Conservation to Reach Net Zero.** [s.l: s.n.].

WILLS, C. et al. Nonrandom processes maintain diversity in tropical forests. **Science (New York, N.Y.)**, v. 311, n. 2006, p. 527–531, 2006.

WORLD BANK. **Report of the High-Level Commission on Carbon Prices**. [s.l.: s.n.].

WU, J.; HOBBS, R. Landscape ecology: the state-of-the-science. In: [s.l.] Cambridge Books Online, 2017.

ZAFALON, M. Vaivém das Commodities. n. 12, p. 4–8, 2022.

ZEFERINO, M.; MARTINS, V. A. Evolução da Produção de Grãos no Estado de São Paulo entre 2010 e 2019. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 15, n. 3, p. 1–6, 2020.

ZELHUBER, A. Environmental Policy in Brazil. Tensions Between Conservation and the Ideology of Growth. **The Political System of Brazil**, p. 329–350, 2016.



**Tabela 8** - Custos totais (R\$/ha) de 25 anos e porcentagem de participação de cada etapa da produção de soja para os modelos S0, S1, S2 e S3 no cenário de preço de venda e produtividade otimistas. S0 sem subsídio; S1 com subsídio creditício; S2 com subsídio fiscal e S3 com subsídio fiscal e creditício

	S0		S1		S2		S3	
	Custo total 25 anos (R\$/ha)	%						
Sementes	R\$21.877,78	12,16%	R\$21.877,78	12%	R\$21.877,78	13%	R\$21.877,78	13%
Fertilizantes	R\$44.131,02	24,54%	R\$44.131,02	25%	R\$44.131,02	26%	R\$44.131,02	26%
Agrotóxicos	R\$48.852,03	27,16%	R\$48.852,03	27%	R\$48.852,03	29%	R\$48.852,03	29%
Mão de obra	R\$7.195,27	4,00%	R\$7.195,27	4%	R\$7.195,27	4%	R\$7.195,27	4%
Combustível	R\$4.133,99	2,30%	R\$4.133,99	2%	R\$4.133,99	2%	R\$4.133,99	2%
Manutenção maquinário	R\$8.493,00	4,72%	R\$8.493,00	5%	R\$8.493,00	5%	R\$8.493,00	5%
Transporte e seguro	R\$16.525,93	9,19%	R\$16.525,93	9%	R\$16.525,93	10%	R\$16.525,93	10%
Compra maquinário	R\$11.786,68	6,55%	R\$11.786,68	7%	R\$11.786,68	7%	R\$11.786,68	7%
Compensação RL	R\$1.487,50	0,83%	R\$1.487,50	1%	R\$1.487,50	1%	R\$1.487,50	1%
ITR	R\$567,63	0,32%	R\$567,63	0%	R\$567,63	0%	R\$567,63	0%
Funrural	R\$3.770,91	2,10%	R\$3.770,91	2%	R\$3.770,91	2%	R\$3.770,91	2%
PIS/COFINS	R\$11.039,56	6,14%	R\$11.039,56	6%	R\$-	-	R\$-	-
<b>Custo total</b>	<b>R\$179.861,29</b>	<b>100%</b>	<b>R\$179.861,29</b>	<b>100%</b>	<b>R\$168.821,73</b>	<b>100%</b>	<b>R\$168.821,73</b>	<b>100%</b>

**Tabela 9** - Total de custos (R\$/ha) em 25 anos e porcentagem de contribuição de cada etapa da restauração em larga escala para todos os modelos no cenário de preço de venda otimista. R0 sem subsídio; R1 com subsídio creditício; R2 com subsídio fiscal e R3 com subsídio fiscal e creditício.

	R0		R1		R2		R3	
	Custo em 25 anos (R\$/ha)	%						
Custo da restauração	R\$25.333,09	40,55%	R\$25.333,09	40,55%	R\$25.333,09	52,54%	R\$25.333,09	52,54%
DSEA	R\$178,65	0,29%	R\$178,65	0,29%	R\$178,65	0,37%	R\$178,65	0,37%
Validação	R\$292,81	0,47%	R\$292,81	0,47%	R\$292,81	0,61%	R\$292,81	0,61%
Documentação	R\$29,28	0,05%	R\$29,28	0,05%	R\$29,28	0,06%	R\$29,28	0,06%
CCB	R\$25,38	0,04%	R\$25,38	0,04%	R\$25,38	0,05%	R\$25,38	0,05%
SDVista	R\$25,38	0,04%	R\$25,38	0,04%	R\$25,38	0,05%	R\$25,38	0,05%
Verificação VCS	R\$437,14	0,70%	R\$437,14	0,70%	R\$437,14	0,91%	R\$437,14	0,91%
Verificação CCB	R\$164,82	0,26%	R\$164,82	0,26%	R\$164,82	0,34%	R\$164,82	0,34%
Custo operacional	R\$3.868,35	6,19%	R\$3.868,35	6,19%	R\$3.868,35	8,02%	R\$3.868,35	8,02%
Contratação IPÊ	R\$5.066,62	8,11%	R\$5.066,62	8,11%	R\$5.066,62	10,51%	R\$5.066,62	10,51%
Contratação carbono	R\$4.553,24	7,29%	R\$4.553,24	7,29%	R\$4.553,24	9,44%	R\$4.553,24	9,44%
PIS/COFINS	R\$6.016,03	9,63%	R\$6.016,03	9,63%	0	0	0	0
ISS	R\$8.241,13	13,19%	R\$8.241,13	13,19%	0	0	0	0
Comissão de vendas	R\$8.241,13	13,19%	R\$8.241,13	13,19%	R\$8.241,13	17,09%	R\$8.241,13	17,09%
<b>Custo total</b>	<b>R\$62.473,04</b>	<b>100%</b>	<b>R\$62.473,04</b>	<b>100%</b>	<b>R\$48.215,88</b>	<b>100%</b>	<b>R\$48.215,88</b>	<b>100%</b>

**Tabela 10** - Total de custos (R\$/ha) em 25 anos e porcentagem de contribuição de cada etapa da restauração em pequena escala para todos os modelos no cenário de preço de venda otimista. R0 sem subsídio; R1 com subsídio creditício; R2 com subsídio fiscal e R3 com subsídio fiscal e creditício

	R0		R1		R2		R3	
	Custo em 25 anos (R\$/ha)	%						
Custo da restauração	R\$9.810,33	5,41%	R\$9.810,33	5,41%	R\$9.810,33	6,34%	R\$9.810,33	6,34%
DSEA	R\$4.466,33	2,46%	R\$4.466,33	2,46%	R\$4.466,33	2,89%	R\$4.466,33	2,89%
Validação	R\$7.320,32	4,03%	R\$7.320,32	4,03%	R\$7.320,32	4,73%	R\$7.320,32	4,73%
Documentação	R\$732,03	0,40%	R\$732,03	0,40%	R\$732,03	0,47%	R\$732,03	0,47%
Verificação VCS	R\$268,91	0,15%	R\$268,91	0,15%	R\$268,91	0,17%	R\$268,91	0,17%
Custo operacional	R\$96.708,75	53,30%	R\$96.708,75	53,30%	R\$96.708,75	62,53%	R\$96.708,75	62,53%
Contratação IPÊ	R\$1.962,07	1,08%	R\$1.962,07	1,08%	R\$1.962,07	1,27%	R\$1.962,07	1,27%
Contratação carbono	R\$17.896,00	9,86%	R\$17.896,00	9,86%	R\$17.896,00	11,57%	R\$17.896,00	11,57%
PIS/Cofins	R\$11.307,79	6,23%	R\$11.307,79	6,23%	-	-	-	-
ISS	R\$15.490,13	8,54%	R\$15.490,13	8,54%	-	-	-	-
Comissão vendas	R\$15.490,13	8,54%	R\$15.490,13	8,54%	R\$15.490,13	10,02%	R\$15.490,13	10,02%
<b>Custo total</b>	<b>R\$181.452,78</b>	<b>100%</b>	<b>R\$181.452,78</b>	<b>100%</b>	<b>R\$154.654,86</b>	<b>100%</b>	<b>R\$154.654,86</b>	<b>100%</b>