

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO



PUC
RIO

PRESERVAÇÃO AMBIENTAL E MERCADOS DE CARBONO:
O PAPEL DOS PROGRAMAS DE PAGAMENTOS POR SERVIÇOS
AMBIENTAIS (PSA)

João Felipe Cavalcante de Oliveira
1912375

Orientador: Antônio Marcos Hoelz Pinto Ambrózio

Junho de 2023

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

PRESERVAÇÃO AMBIENTAL E MERCADOS DE CARBONO:
O PAPEL DOS PROGRAMAS DE PAGAMENTOS POR SERVIÇOS
AMBIENTAIS (PSA)

João Felipe Cavalcante de Oliveira
1912375

Orientador: Antônio Marcos Hoelz Pinto Ambrózio

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

Junho de 2023

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Leonardo e Daniele, minha irmã Maria e minhas avós Aileda e Dália. Minha principal base, e responsáveis pela formação do meu caráter. Sempre estiveram ao meu lado, e nos momentos de fraqueza me deixaram mais forte. E também ao restante da minha família, que por ser muito grande, infelizmente seria impossível citar todos.

Aos meus amigos e irmãos, sempre presentes, e que tornaram essa trajetória mais leve, pelos inúmeros momentos de descontração e risadas.

Ao Colégio Teresiano, onde pude conhecer pessoas maravilhosas, que pretendo levar para toda a vida, além do ensino de excelência e conscientização sobre os problemas do mundo, ressaltando a importância da solidariedade, ajudar o próximo sem buscar nada em troca.

Ao professor Antônio Marcos Hoelz, que me deu suporte extraordinário me orientando na monografia.

À PUC-Rio pelo seu curso e infraestrutura de excelência e todo o suporte oferecido.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 impacto das mudanças climáticas	7
1.2 Protocolo de Kyoto e Acordo de Paris.....	8
2 METAS DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES E DESMATAMENTO	14
2.1 Diretrizes na redução da emissão de gases do efeito estufa.....	14
2.2 Um olhar sobre o desmatamento e o desenvolvimento sustentável.....	16
3 PAGAMENTOS POR SERVIÇOS AMBIENTAIS.....	19
3.1 Introdução	19
3.2 Aspectos Teóricos.....	20
3.3 Análise de Resultados Empíricos.....	24
3.3.1 Programa Bolsa Floresta (Brasil).....	25
3.3.2 Bolsa Floresta na RDS do Uatumã	27
3.4 Projeto Assentamentos Sustentáveis na Amazônia (PAS).....	31
3.5 Bolsa Verde (BV)	36
3.6 Pagamentos de Serviços Ambientais Hídricos - Programa Produtor de Água (PA) e Conservador das Águas (CA).....	40
3.7 Questão da Adicionalidade	42
4 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolution of CO2 emissions in the world since 1860, in million tons	7
Figura 2 - Curva de Kuznets.....	10
Figura 3 - Emissões Por Setor 1990-2020.....	12
Figura 4 - Global Greenhouse Gas Emissions by Sector 1990-2010.....	13
Figura 5 - Área florestal e mudança florestal líquida, 1990-2010.....	17
Figura 6 - Distribution of swidden-area polygons in Uatumã Sustainable Development Reserve (Amazonas, Brazil) in 2011, 2015 and 2019. Total swidden area, number of polygons and average area per polygon for each year are indicated in the map legend.....	28
Figura 7 - Impacts of participants in 2014.....	33
Figura 8 - Forest cover as a share of land among participants	34
Figura 9 - Annual Deforestation Rates in Areas Eligible for Bolsa Verde (2009 to 2015).....	37
Figura 10 - Regressão Bolsa Verde	38
Figura 11 - Impact of BV Participation on Deforestation	38
Figura 12 - Deforestation Inside and Outside BV-Receiving Sustainable Use Conservation Zones	39
Figura 13 - Falhas e Resultados dos Programas.....	45

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, iniciada na segunda metade do século XVIII na Inglaterra, atravessou posteriormente as maiores potências europeias e os Estados Unidos. É caracterizada como marco do início da substituição das manufaturas pelas maquinofaturas. Preliminarmente, o maquinário movido à vapor possibilitou a multiplicação dos rendimentos da produção por trabalhador, tornando os países pioneiros as maiores potências tecnológicas e econômicas do período, efeito que permanece até a atualidade. O período, marcado por um “*boom*” tecnológico e o surgimento da indústria moderna, é considerado um dos maiores marcos desenvolvimentistas da sociedade contemporânea, responsável pela impactante formação da classe operária, desde o início muito explorada.

A grande oferta de mão de obra, com o aparecimento das primeiras indústrias, promoveu o surgimento de aglomerados de trabalhadores submetidos a extensas cargas horárias e salários insignificantes, o que incentivou a participação de famílias coletivamente no ambiente fabril – mulheres e crianças tinham seus salários ainda mais reduzidos - uma abominável condição exploratória da classe proletária socialmente subtraída, submetida ao extremo aviltamento moral e material, por empregadores e especuladores.

O esforço progressista econômico-tecnológico da civilização industrial e as grandes mudanças que possibilitaram o início da ascensão das maiores economias capitalistas mundiais no decorrer das décadas, foram acompanhadas por um crescimento exponencial da emissão dos gases do efeito estufa, quando surge o *trade-off*¹ entre danos à natureza e desenvolvimento social e tecnológico.

As primeiras evidências do efeito estufa foram empíricas, e possíveis mudanças climáticas na terra foram apontadas pela cientista norte-americana Eunice Foote. A partir do estudo “Circunstâncias que afetam o calor dos raios solares”, Eunice isolou dois recipientes de cada gás presente na atmosfera, sendo um com exposição de raios solares

¹ Uma situação em que, para se obter algo desejável, é necessário desistir de outra coisa desejável, não se podendo ter ambas em sua plenitude.

e o outro à sombra - no experimento, ela conclui que há absorção do calor pelo dióxido de carbono e pelo vapor d'água, sendo possíveis causadores do aquecimento da terra.

1.1 impacto das mudanças climáticas

A partir dos anos 50 é possível perceber o crescimento abrupto na emissão de CO₂, que persiste até a atualidade. O cenário provoca a real necessidade de estudos sobre os possíveis efeitos do acúmulo de gases do efeito estufa a médio e longo prazo no futuro, que determinam mudanças à natureza e conseqüentemente às condições de vida do ser humano, elevando consideravelmente a incidência de doenças pulmonares e cardiovasculares além de outras desordens.

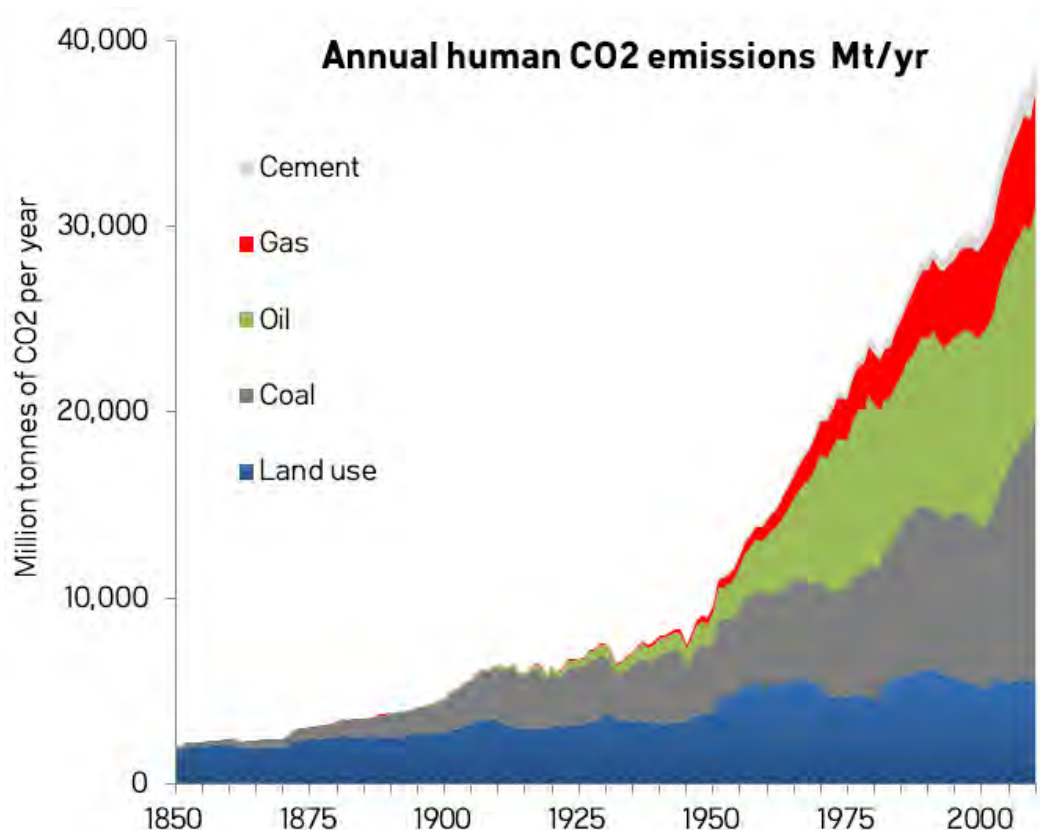


Figura 1 - Evolution of CO₂ emissions in the world since 1860, in million tons.

Fonte: Reproduzido de “State and Trends of Carbon Pricing”².

² CISNEROS, Elías et al. Impacts of conservation incentives in protected areas: The case of Bolsa Floresta, Brazil. World Bank. **Environment, Natural Resources & Blue Economy**, PES Learning Paper, 2019, nov. 2019. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/963101576773519234/pdf/Impacts-of-Conservation-Incentives-in-Protected-Areas-The-Case-of-Bolsa-Floresta-Brazil.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.

Os dados apresentados no gráfico 1 analisam o crescimento da emissão de CO₂ proveniente do carvão, principal matriz energética responsável por fornecer energia para máquinas à vapor. Subsequentemente, emissões ligadas aos combustíveis fósseis, popularizados em meados do século XX, foram incorporadas com o desenvolvimento da indústria automobilística e da aviação.

Na natureza, percebe-se o aumento da temperatura global através de ocorrências como o derretimento das calotas polares, maior intensidade e frequência de tempestades e o estabelecimento das secas, o que interfere diretamente no meio ambiente e na condição de vida humana do planeta, com piores condições para o plantio, o que torna mais caros os produtos alimentícios e inviabiliza a segurança alimentar da população.

As questões climáticas começam a ganhar importância no início da década de 70, quando é organizado o primeiro encontro internacional para tratar e discutir questões ambientais relevantes, com a participação de diversos países, em junho de 1972, em Estocolmo, Suécia. A Conferência debateu assuntos como a poluição atmosférica e questionou as condições do solo e água afetados pela industrialização, além de levantar questões como as preocupações sobre a abundância de recursos naturais relacionada ao contínuo crescimento demográfico planetário.

Da mesma forma, com objetivo principal de reduzir os impactos gerados pelas mudanças climáticas a longo prazo, no ano de 1997, foi assinado o primeiro tratado internacional para controle das emissões de gases do efeito estufa, o Protocolo de Kyoto, que só entrou em vigor no ano de 2005 com a ratificação de 55 países. O protocolo seguia o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, reconhecido na Rio92 - determinou que todos os países deveriam colaborar frente ao objetivo comum. Os maiores emissores do passado, os mais desenvolvidos, viriam a ser os responsáveis pelas maiores reduções.

1.2 Protocolo de Kyoto e Acordo de Paris

O protocolo de Kyoto destaca a necessidade de uma relação mais justa entre países do hemisfério Sul e Norte, incentivando a transferência de tecnologia sem impacto ecológico, além da criação de fundos para adaptação e o desenvolvimento de estruturas em países subdesenvolvidos que estejam mais ameaçados pelas mudanças climáticas. O

protocolo de Kyoto estabeleceu uma nova regra para os países mais desenvolvidos que então deverão gerar crédito aos mais pobres e possibilitar a sua inclusão no propósito³.

Três mecanismos de auxílio são criados com objetivo de dar suporte às nações desenvolvidas no cumprimento às metas estabelecidas: (i) as parcerias entre países na criação de projetos; (ii) o direito dos países desenvolvidos de comprarem “créditos” diretamente das nações que menos poluem; (iii) e a criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, mais conhecido como mercado de créditos de carbono⁴.

O primeiro período de comprometimento com o protocolo foi de 2008 a 2012, em que 41 países desenvolvidos, além daqueles pertencentes à União Europeia, se comprometeram em reduzir 5,2% das emissões em relação a 1990. Na prática a redução chegou aos 20% por parte desse grupo, entretanto as emissões globais tiveram um aumento de 38%, sustentadas pelo forte desenvolvimento econômico chinês, associado à um grande aumento das emissões no país.

O ponto acima pode ser evidenciado pela chamada “Curva de Kuznets” (figura 2), que correlaciona renda per capita de um país aos danos provocados ao meio ambiente, evidenciando que o período de maior degradação se situa nos primeiros estágios de desenvolvimento.

Nações pré-industriais estão localizadas no primeiro setor do gráfico (figura 2), com poluição reduzida - aquelas em fase de industrialização se situam no centro, ao redor do ponto de máximo, visto que para se desenvolver industrialmente, dada a tecnologia da atualidade, não há crescimento sem degradação do meio ambiente; países mais desenvolvidos, que já possuem altos níveis de educação, e já não dependem tanto das indústrias poluentes, se localizam nos pontos à direita do gráfico.

³ LÉLIS, Eliacy Cavalcanti; GARCIA, Suelen Martinez. A participação do Brasil no protocolo de kyoto. **XIII SIMPEP**, Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de novembro de 2006. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/982.pdf. Acesso em: 28 set. 2022.

⁴ MAFRA, Erich. Mercado de carbono: entenda o passo a passo de sua construção. **Forbes Agro**. Publicado em: 15 jun. 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/06/mercado-de-carbono-entenda-como-ele-foi-construido/>. Acesso em: 05 out. 2022.

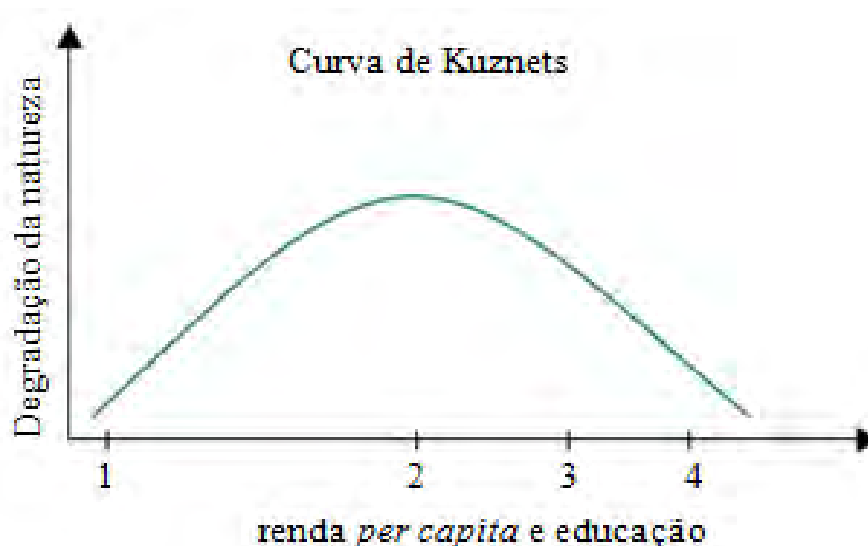


Figura 2 - Curva de Kuznets.
 Fonte: Reproduzido de “EcoDebate”, ALVES, 2012.

No que diz respeito ao caso brasileiro, no ano de 1997, o Brasil assume uma posição principista, defendendo que as emissões deveriam ser calculadas diacronicamente em sua acumulação desde os fins do século XVIII, e não a partir do ano base de 1990. A proposta é consistente em termos técnicos e legítima do ponto de vista histórico, mas utópica, longe das realidades do poder mundial do século XXI, além de ser fortemente contestada pelos pioneiros da industrialização.⁵

Classificado como um país em desenvolvimento, em 2002, o Brasil após aprovação tardia da Assembleia Legislativa, ratificou o protocolo, e voluntariamente afirmou que estaria comprometido com as metas estabelecidas em Kyoto. Os Estados Unidos na contramão das maiores potências globais, abandonaram o protocolo em 2001 com a justificativa de que as metas de reduções comprometeriam o desenvolvimento econômico do país. Nesse momento, os EUA eram então responsáveis pela maior emissão de poluentes no agregado desde a primeira revolução industrial.

No ano de 2015, durante a COP21 (21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima), com a adesão de 195 países, foi assinado o Acordo de Paris, que substitui a partir de 2020 o Protocolo de Kyoto. Na conferência, as nações participantes se comprometem a evitar que o aumento da

⁵ VIOLA, Eduardo. Brasil e o Protocolo de Kyoto. **Ambiente Brasil**. Publicado em: 1 maio 2002. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/gestao/artigos/brasil_e_o_protocolo_de_kyoto.html. Acesso em: 06 out. 2022.

temperatura global supere 2 graus celsius, comparativamente à média pré-industrial, além de apoiar economicamente países subdesenvolvidos de maior vulnerabilidade às mudanças climáticas, oferecendo transferência de tecnologia e financiamento de 100 bilhões de dólares para a manutenção das ações.

O acordo precisa ser revisto a cada cinco anos, e a cada dois anos, os países devem publicar relatórios que demonstrem os avanços alcançados. E embora os países não sejam obrigados a seguir estritamente as metas do tratado, a monitorização dos esforços de cada país por especialistas é mandatória.⁶

O Brasil assinou o acordo em 2015, comprometendo-se a reduzir as emissões dos GEE em 37% até 2025, *a posteriori*, sendo ajustada para 43% até 2030 – reduções comparativas ao período de 2005. As principais metas do governo brasileiro são:

- Incrementar o aumento do uso de fontes alternativas de energia, por meio de incentivos governamentais.
- Elevar os níveis de participação do biodiesel e bioetanol na matriz energética brasileira objetivando compor 18% até 2030.
- Diminuição do desmatamento e reflorestamento de até 12 milhões de hectares.

A Contribuição Nacionalmente Determinada brasileira é considerada fraca por ambientalistas. Segundo o OC (Observatório do Clima). A fim de cumprir com os objetivos climáticos do Acordo de Paris, o país precisaria reduzir as emissões em mais de 80%. A redução seria possível apenas com a ampliação dos pontos de obtenção de energia limpa e renovável, extinção do desmatamento no país e reflorestamento de cerca de 14 milhões de hectares de áreas de reserva.

A dimensão do desmatamento no Brasil é o maior desafio do país quando se trata de pautas ambientais, dado que há algumas décadas ele lidera estatísticas de desflorestamento no mundo. Os gráficos abaixo caracterizam a distribuição das emissões de dióxido de carbono por setores. Há uma clara diferenciação na distribuição brasileira e no resto do mundo. Nos países latino-americanos a concentração provém

⁶ ZANFER, Gustavo. Entenda o Acordo de Paris, assinado por 196 países e discutido na COP27. CNN. Publicado em: 9 nov. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/entenda-o-acordo-de-paris-assinado-por-196-paises-e-discutido-na-cop27/>. Acesso em: 6 nov. 2022.

majoritariamente da agricultura e do desmatamento, enquanto em outros países a maior causa de emissões é o setor de energia.

O Brasil possui uma das matrizes energéticas menos poluentes do mundo, onde aproximadamente 60% dela é de origem hidráulica, fonte limpa e renovável; enquanto na estatística mundial, cerca de 84% da energia vem dos combustíveis fósseis, principais contribuidores no acúmulo de gases no efeito estufa.

Embora o território brasileiro seja favorável ao plantio considerando-se o território abundante e o clima adequado, o desmatamento torna-se inevitável em alguma medida - lamentavelmente a categoria de emissões do setor “mudanças nos usos da terra” teve um aumento de 24% de 2019 para 2020. No setor da agropecuária, o aumento foi de 2,5%, em parte causado pela crise econômica que: diminuiu o consumo de carne, reduziu o abate de animais e acarretou o aumento das emissões de gás metano pela chamada fermentação entérica dos bois.

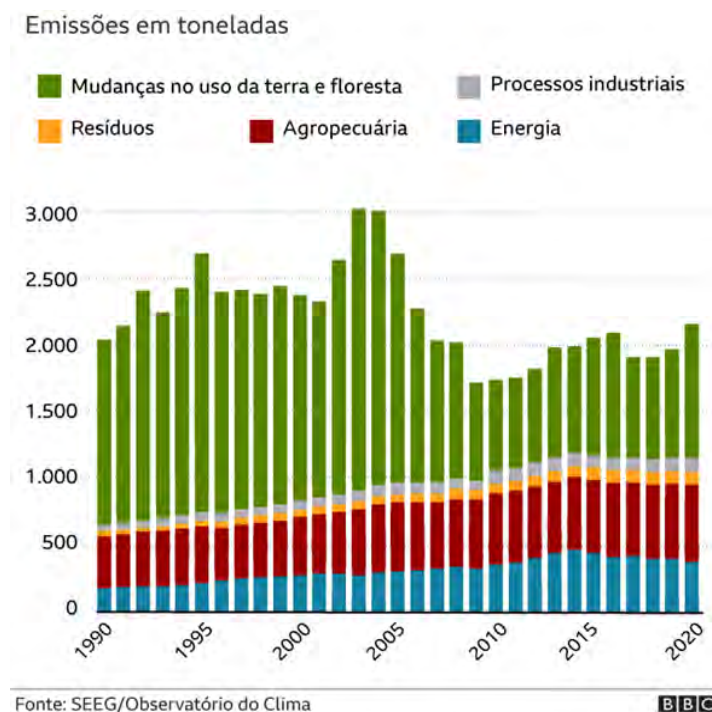


Figura 3 - Emissões Por Setor 1990-2020.

Fonte: Reproduzido de matéria BBC “COP26: Na contramão do mundo, Brasil teve aumento de emissões de CO2 em ano de pandemia”⁷.

⁷ PASSARINHO, Nathalia. COP26: Na contramão do mundo, Brasil teve aumento de emissões de CO2 em ano de pandemia. **BBC News Brasil**. Publicado em: 28 out. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59065361>. Acesso em: 27 maio 2023.

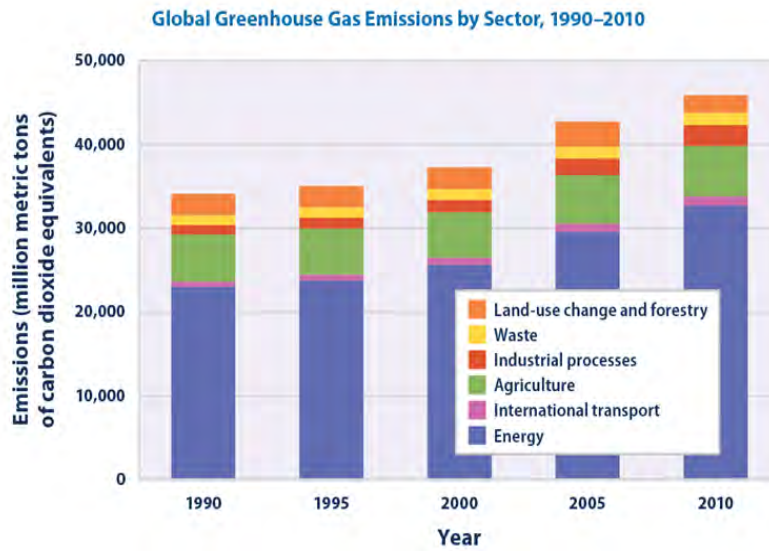


Figura 4 - Global Greenhouse Gas Emissions by Sector 1990-2010.
 Fonte: Reproduzido de “State and Trends of Carbon Pricing”⁸.

⁸ CISNEROS, Elías et al. Impacts of conservation incentives in protected areas: The case of Bolsa Floresta, Brazil. World Bank. **Environment, Natural Resources & Blue Economy**, PES Learning Paper, 2019, nov. 2019.

2 METAS DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES E DESMATAMENTO

2.1 Diretrizes na redução da emissão de gases do efeito estufa

A redução na emissão de gases do efeito estufa é imprescindível às próximas décadas, para que diversas consequências adversas sejam evitadas (como ondas de calor, e alterações no padrão de chuvas que levariam a secas e enchentes e colocariam em risco a vida de muitas populações).

O Brasil é um país com rica fauna e flora; além de possuir uma grande dependência no agronegócio, acerca do acúmulo de divisas e geração de emprego no país. Uma vez que é um país tropical, as mudanças climáticas teriam um impacto ainda mais severo sobre seu território. Secas poderiam por a safra em risco, enquanto enchentes, além de reduzirem o potencial da colheita, levariam a catástrofes humanitárias, como a de Petrópolis em fevereiro de 2022 que levou à 232 mortes.

O monitoramento, fiscalização e regulação ambiental não são suficientes para atingir metas de reduções em desmatamento e emissões. O Mercado de Créditos de Carbono aparece como instrumento fundamental, incentivando o cumprimento das metas, a partir da precificação dessas emissões. Os mercados de créditos de carbono possuem duas diferentes classificações:

Nos mercados regulados, limite global de emissões é estipulado; permissões para a emissão de gases são distribuídas entre os agentes e os deficitários, que deverão negociar com aqueles superavitários (o valor é determinado a partir da oferta e demanda sobre as permissões entre agentes). Empresas que conseguirem atingir determinadas metas de reduções receberão créditos de carbono, e aquelas que não as atingirem poderão comprar esses créditos, sendo essa uma forma de internalizar a externalidade negativa produzida pelas mais poluentes.

Esses créditos foram responsáveis por 18,3 bilhões de toneladas de permissões de emissões de CO₂ negociadas em 2021, um crescimento de 28% em relação ao ano de 2020. O principal sistema de comércio de emissões é o da União Europeia, representando mais de 80% das negociações, seguido da Califórnia com 13%, e da China com 1%. A China, apesar de agregar pouco, possui altíssimo potencial, uma vez que cobre 30% do setor energético do país.

Os mercados voluntários, em que qualquer país, empresa ou entidade pode gerar e comercializar esses créditos, não servem para que países atinjam as metas de reduções. Eles são emitidos sob padrões independentes, apesar de alguns negociadores comprarem os emitidos em regimes de crédito doméstico ou internacional. Por razões reputacionais, diversas empresas de perfil poluidor, optam por esse mecanismo que se desenvolveu muito nos últimos anos. Ele praticamente quadruplicou seu valor negociado de 2020 para 2021 chegando a 1,98 bilhão de dólares⁹.

A precificação de carbono é uma forma de impor um valor às emissões de gases do efeito estufa (GEE) gerados majoritariamente na produção industrial. Existem algumas diferentes formas de determinação para esse custo:

- Tributação de carbono: o governo cobra uma taxa por emissão de GEE proporcional à quantidade, número de anos e potencial de aquecimento desse gás.
- Sistema de comércio de emissões: funciona a partir do mecanismo de “cap-and-trade” (o método foi mencionado acima, quando tratamos de mercados regulados).
- Mecanismo de créditos: produzido pela redução ou absorção em uma tonelada de dióxido de carbono, ou a quantidade proporcional em outro gás (regionais, nacionais ou internacionais; cada um vinculado a um diferente “emission trading system”).

O avanço tecnológico, com o desenvolvimento do “*blockchain*”, possibilitou a criação de um molde para as negociações dentro do mercado em questão. Esse avanço, caracterizado pela interoperabilidade e o financiamento descentralizado, irá garantir maior liquidez, eficiência e segurança nas transações.

Embora o sistema tenha incentivado e contribuído com as negociações de ativos de carbono, ele apresenta algumas falhas. A principal delas é a possibilidade de diversas empresas comprarem créditos e os “aposentarem”, os transformando em ativos digitais (negociáveis em bolsas online junto com outras criptomoedas). Nesse modelo o benefício e o objetivo em reduzir as emissões ocorreria uma única vez. A “Verra”, agente responsável pela certificação da maioria dos mercados voluntários, impede dezenas de

⁹ VIRI, Natalia. Mercado voluntário de carbono bateu US\$ 2 bi em 2021. **Capital Reset**. Publicado em: 4 ago. 2022. Disponível em: <https://www.capitalreset.com/mercado-voluntario-de-carbono-bateu-us-2-bi-em-2021/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

empresas de seguirem transformando créditos em “instrumentos cripto”, incluindo a brasileira “Moss”¹⁰.

Atualmente, cerca de 5 mil empresas seguem o compromisso de emissões líquidas nulas, ou seja, buscam no mercado voluntário créditos para atingir o equilíbrio. Essa escolha aumenta a demanda pelo ativo no longo prazo, que possui tendência determinística de alta, mas que pode ser influenciada por choques estruturais no curto prazo como mudanças inesperadas no cenário macroeconômico ou modificações na regulamentação.

Os mercados de *offsets* enfrentam alguns desafios¹¹, como a regularização da geração dos créditos de carbono. Um processo complexo e lento, que envolve a elaboração do projeto, auditoria, registro, monitoramento, nova auditoria e finalmente a emissão do ativo. Essa burocracia é necessária, tendo em vista as dificuldades de comprovar as possibilidades de reduções de gases pelo projeto em questão.¹²

2.2 Um olhar sobre o desmatamento e o desenvolvimento sustentável

Durante a primeira década do século XXI os níveis de desmatamento ao redor do mundo foram alarmantes, a destruição de florestas em valores líquidos foi de 5 milhões de hectares por ano. Fato que contribui com 12% do CO₂ advindo de ações humanas no mundo, sendo a segunda maior fonte, atrás apenas dos combustíveis fósseis.

As florestas desempenham papel crucial, não só na captação do carbono da atmosfera. Ela é o habitat para diversas espécies de animais e plantas, além de controlar a erosão e manutenção das bacias hidrográficas. A partir das estimativas do “Stern Report” de 2006, se encontra a percepção global de que a redução das emissões provenientes do desmatamento, a partir do reflorestamento e expansão florestal, seria uma alternativa barata (de 1 a 2 dólares por tonelada de CO₂)¹³, quando comparada às outras abordagens. Essa percepção acelerou o desenvolvimento de programas de florestamento

¹⁰ TEIXEIRA, Sérgio. O dilema cripto dos créditos de CO₂. **Capital Reset**. Publicado em: <https://www.capitalreset.com/o-dilema-cripto-dos-creditos-de-co2/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

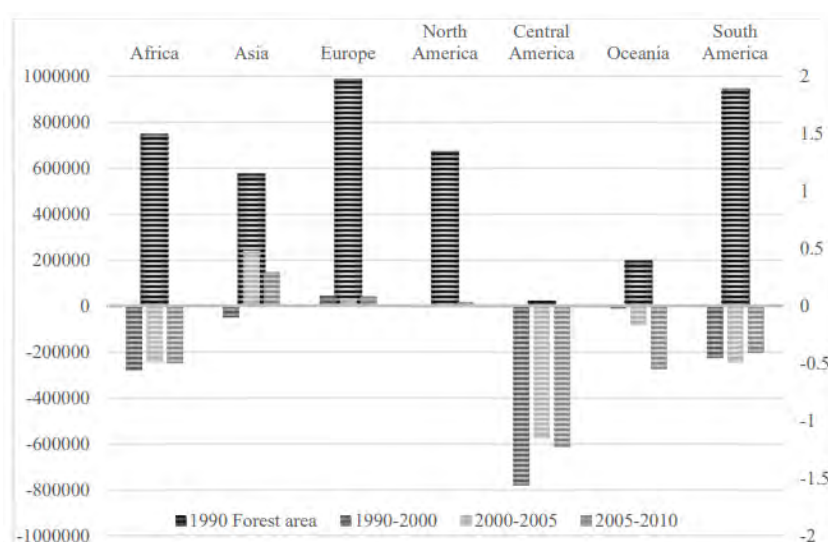
¹¹ Esses desafios são muito comuns no mercado brasileiro de offsets.

¹² AMBRÓZIO, Antônio Marcos. **Mecanismos de compensação (offsets) de carbono**. abr. / 2022.

¹³ GARCIA, Alix et al. Payment for Ecosystem Services from Forests. **Econstor**. Publicado em: maio 2014. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/99019/1/dp8179.pdf>. Acesso em: 2 out. 2022.

e reflorestamento, principalmente em países em desenvolvimento, além do aumento nos incentivos financeiros para a preservação de áreas florestais na América Latina.

No gráfico abaixo é possível perceber que a maior parte das áreas florestadas no mundo se concentram na Europa e América do Sul (concentrada majoritariamente no território brasileiro), seguidas por África, América do Norte e Ásia. Já em relação à taxa de redução das florestas nas últimas décadas, o continente americano central lidera, seguido pelo africano e sul americano. Vale ressaltar a necessidade de desmatar para aqueles países ainda em desenvolvimento; o que explica o superávit florestal na Europa e América do Norte, continentes compostos por países em sua maioria industrializados.



Source: FAO Forest Resources Assessment, 2010

Figura 5 - Área florestal e mudança florestal líquida, 1990-2010.

Fonte: reproduzido de “Global Forest Resources Assessment”¹⁴.

No final do século XX houve um acelerado crescimento econômico em diversos países do mundo, severamente impulsionado pelo fenômeno da globalização que possibilitou uma integração dos mercados em escala global sem precedentes. Esse crescimento expandiu as relações comerciais ao redor do mundo, levando ao surgimento de investimentos externos e proporcionando uma expansão das fronteiras de possibilidade de produção não só de nações, mas também de empresas. Avanços tecnológicos,

¹⁴ FOOD and agriculture organization of the United Nations. Global Forest Resources Assessment 2010. Main report. **FAO Forestry Paper**, n. 163, Rome, 2010. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i1757e/i1757e.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.

principalmente nos campos de informática e telecomunicações, também foram impulsionados, permitindo o desenvolvimento escalar dessas indústrias no período.

Uma parcela do crescimento registrado no século XX pode ser relacionada ao conceito de “Sociedade do Consumo”¹⁵ elaborado pelo renomado sociólogo polonês, Zygmunt Bauman. Nele acredita-se na existência de um ciclo do consumo que ao gerar lucro ao comércio e grandes empresas, leva conseqüentemente ao aumento de empregos e salários. Essa manobra mais uma vez irá incrementar o consumo tornando a sociedade cada vez mais conectada aos ciclos do capitalismo e, portanto, mais agressiva ao meio ambiente.

Diante desse panorama é fundamental que a sociedade promova discussões acerca de políticas e estratégias que visem o desenvolvimento sustentável em escala global. Diversas instituições no meio governamental e privado tornam-se constantemente inseridas na causa, buscando alternativas que possibilitem um *desenvolvimento verde*, que encontre o necessário equilíbrio entre o crescimento econômico e aprimoramento tecnológico, e a preservação.

¹⁵ RUANO, Eduardo. A Era da Liquidez. **La Parola**. Publicado em: 13 ago. 2015. Disponível em: <https://laparola.com.br/a-era-da-liquidez-consumo-liquido>. Acesso em: 04 out. 2022.

3 PAGAMENTOS POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

3.1 Introdução

Na busca por um novo modelo de desenvolvimento sustentável, a partir de diversas discussões nos meios acadêmicos a fim de valorar economicamente serviços ecossistêmicos, entre as décadas de 70 e 80 surge o conceito de “Pagamento por Serviços Ambientais” (PSA).

O PSA vem sendo adotado em políticas públicas de conservação ambiental em várias partes do mundo. Atualmente, o mercado de créditos de carbono é considerado o principal programa de PSA, levando em conta as quantidades de transações que ele efetiva anualmente. Um dos países pioneiros no desenvolvimento de pagamentos de serviços ambientais (PSA) foi a Costa Rica, que no ano de 1997 implementou o primeiro programa em escala nacional (remunerou proprietários de terra que optassem voluntariamente por não desmatar, ou por contribuir com o reflorestamento em suas propriedades). A partir do programa foi possível desacelerar o processo de desmatamento desenfreado no país desde a década de 60. Corrigiu ainda falhas de mercado e contribuiu para o surgimento de oportunidades para negociações no mercado de serviços ambientais.

Os Pagamentos por Serviços Ambientais são mecanismos regulatórios, político-econômicos, que têm recebido destaque como uma abordagem inovadora capaz de ir além da conservação ambiental. Apto a atingir outros objetivos fundamentais, ele age sobretudo em programas importantes financiados pelo governo, como o desenvolvimento regional, geração de empregos e redução da pobreza. Na maior parte dos casos, essas metas são colaterais e implícitas para possibilitar a promoção no cenário político dos desenvolvedores e sustentadores dos projetos.

Por meio dos PSA, proprietários de pequenas terras, pertencentes das camadas menos privilegiadas da população, poderão ser beneficiados com uma renda extra, ao administrarem as terras de forma ambientalmente responsável. No entanto, aqueles não detentores de quaisquer propriedades, podem ser impactados negativamente, com o aumento dos preços de alimentos e terras na localidade, com a redução na demanda por trabalhadores e consequentemente a redução dos salários

Apesar da escassez de evidências concretas sobre uma redução imediata da pobreza como resultado dos PSA, estudos na China e México, têm sugerido possíveis efeitos positivos no longo prazo. Com o aumento de programas em países em desenvolvimento na Ásia e África, a pesquisa sobre a relação dos programas com a redução de pobreza torna-se mais abrangente, confiável e transformador.

3.2 Aspectos Teóricos

Os programas de PSA apresentam notável potencial de desenvolvimento econômico sustentável, e ainda podem gerar receitas para agricultores e comunidades locais, como descrito anteriormente. Porém, existem diversas condições e desafios que devem ser compreendidos para que eles possam ser implementados com eficácia, tais como:

- **A valoração dos serviços ecossistêmicos**, que levará em conta diversas variáveis que incluem o contexto socioeconômico e cultural, o tipo de serviço prestado e seus beneficiários. Por exemplo, no projeto “Protetor das Águas¹⁶”, iniciado em 2011 na cidade de Vera Cruz (RS), foi utilizado o método do custo de oportunidade para incentivar produtores rurais a adotarem boas práticas de conservação de água e solo. Esse método calcula o quanto se deixa de ganhar ao renunciar atividades de agricultura e pastoreio em determinada área. É possível mensurar um valor por hectare baseado em condições do terreno e suas possibilidades de ganho com atividades agropecuárias somados aos custos associados aos investimentos demandados para a proteção ambiental. Em territórios aptos para a agricultura, os valores variam entre R\$300/ha e R\$450/ha, dependendo do tipo de plantio (tabaco ou arroz). Já em áreas inaptas, como aquelas com alta declividade, matas naturais ou alagados, os valores ficam abaixo de R\$300/ha.

Os agentes com maiores custos de oportunidades estão menos propensos a participar dos programas, dado que será mais vantajoso seguir com suas

¹⁶ MORAES, Jorge Luiz Amaral de. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como Instrumento de Política de Desenvolvimento Sustentável dos Territórios Rurais: O Projeto Protetor das Águas de Vera Cruz, RS. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 43-56, jan./jun. 2012. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/download/15497/13794/26246>. Acesso em: 27 abr. 2023.

atividades. Os programas financiados pelos usuários geralmente possuem uma diferenciação de valores. Os financiados pelo governo possuem um preço único devido a questões de facilidade administrativa. Essa prática é frequente nos programas da União Europeia, que possuem uma ampla variedade de programas e não diferenciam preços dentro de um mesmo programa.

- **Conformidade**¹⁷, ou seja, é necessário garantir o cumprimento dos termos do contrato, caso contrário é feita a aplicação de sanções sobre o provedor. É essencial um acompanhamento adequado, nas maiores áreas com inspeções a partir de “Satélites de Monitoramento”. O monitoramento é imperfeito, sobretudo em programas de menor escala, uma vez que os custos para o acompanhamento representarão uma parcela considerável das despesas. Isso significa que em países desenvolvidos essas taxas de inspeção são anuais e muito baixas, de apenas 5%. Sanções são uma alternativa efetiva para o cumprimento dos contratos, embora sua aplicação possua desafios, dado que elas devem ser críveis e proporcionais, mas caso forem desproporcionais e excessivas, podem levar a inadimplências dos participantes. Ademais, a presença de sistemas jurídicos fracos em diversos países, sobretudo os em desenvolvimento, dificulta o reembolso de serviços não-concluídos. A partir do momento em que as punições passam a ser uma ameaça crível, possibilitam uma redução dos monitoramentos e conseqüentemente dos custos.
- **Permanência** - avaliar os benefícios a longo prazo dos SA. A continuidade na provisão desses serviços depende de um fluxo contínuo de pagamentos, que no caso de financiamentos de usuários, será levado em consideração a qualidade do serviço prestado, e que seja rentável. Os valores podem ser alterados levando em conta mudanças no custo de oportunidade das terras financiadas, influenciado por mudanças climáticas, oscilações de preços e outras. Programas valorados a partir de leilões, como o CRP (Conservation Reserve Program), por exemplo, são capazes de responder de forma flexível a tais choques exógenos. Já os programas cujo preço é fixo devem sofrer instabilidade.

A ininterruptibilidade dos benefícios após o término do problema deve ser analisada. Sobre as limitadas evidências disponíveis, acredita-se que a taxa de

¹⁷ WUNDER, S.; ENGEL, S.; PAGIOLA, S. **Taking stock**: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. abr. / 2008.

permanência é baixa, com exceção do CRP, programa de conservação de terras nos Estados Unidos. Esse oferece pagamentos para proprietários manterem suas terras em pousio, ou cultivar apenas a cultura perene (longo ciclo), dado que essa tem menor efeito sobre a erosão do solo. Nele a “taxa de aposentadoria da terra” após o final dos pagamentos fica em torno de 49%. O retorno de atividades prejudiciais após o final do PSA não significa que houve ineficiência no programa, e sim que não houve adicionalidade.

- **Adicionalidade** - o programa deve induzir mudanças no uso de terras e águas por parte dos produtores rurais. Quando o programa financia serviços que já ocorreriam mesmo sem o incentivo econômico, recursos financeiros são gastos em vão. Eles poderiam ser alocados de outra forma, resultando em uma ineficiência dos gastos do governo/empresa. Há certa dificuldade em avaliar a adicionalidade, pois requer uma comparação do comportamento com intervenção (Y (1)) e sem intervenção (Y (0)), buscando o melhor contrafactual. Estudos na Costa Rica fizeram essa avaliação, de forma ex-post. Houve divergência entre os números, variando entre um impacto aproximadamente nulo do programa, para um crescimento de 10% das florestas primárias na região¹⁸. Somente reflorestamento e florestamento são considerados adicionalidade nos PSA voltados para o mercado de carbono. Isso que pode ser extrapolado para casos de preservação de recursos hídricos que levam ao replantio/isolamento das áreas próximas à mata ciliar. Em geral, a adicionalidade é mais factível em regiões em que a mudança na utilização das terras seja crucial, dado que, na maioria das vezes, são essas que possuem maior potencial de lucratividade.
- **Aspectos legais e institucionais** - é fundamental estabelecer marcos legais claros que definam os direitos e responsabilidades dos provedores e beneficiários envolvidos. Essencial para garantir a estabilidade do programa e para proteger ambas as partes envolvidas. Um aspecto não tão relevante para países desenvolvidos como Estados Unidos, e a maioria dos membros da União Europeia, mas uma questão complicada para países com governos altamente

¹⁸ SANTOS, Franciele Lausch dos; SILVANO, Renato Azevedo Matias. Aplicabilidade, potenciais e desafios dos Pagamentos por Serviços Ambientais para conservação da água no sul do Brasil. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 38, p. 481-498, ago. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/download/43640/29135>. Acesso em: 9 abr. 2023.

corruptos e com instituições fracas, como a maioria dos países da África Subsaariana.

- **Direitos de propriedade bem definidos** - tornam-se um desafio, sobretudo quando se trata de países em desenvolvimento. São fundamentais para garantir que proprietários de terra sejam recompensados adequadamente e que usuários paguem pelos serviços, evitando conflitos entre fornecedores e contratantes. Quando mal definidos, acabam sendo uma barreira para a implementação de programas de PSA. O que pode ser solucionado a partir da criação de leis que delimitem as terras sem exceções. Um desafio maior para países em desenvolvimento, onde na maioria das vezes possuem sistemas tanto legislativos quanto judiciário falhos.
- **Incentivos perversos.** O oferecimento de pagamento por reflorestamento pode estimular o desmatamento. Se os pagamentos forem oferecidos apenas quando há ameaças claras, buscando a adicionalidade, potenciais candidatos podem ser induzidos a criar tais ameaças, com objetivo de receber os PSA posteriormente. O problema pode ser evitado a partir de leis e projetos que remunerem áreas desmatadas até certo ano, o MDL, por exemplo, especifica que apenas aquelas que sofreram com o desmatamento antes de 1990 estariam elegíveis para receber os créditos de carbono.
- **“Spillovers”** - os transbordamentos de substituição - possivelmente sendo um dos maiores desafios para a expansão e conservação de florestas, ocorrem quando um proprietário de terras opta por interromper suas atividades em um lote coberto por programas de PSA, para começá-lo em uma região não coberta; dessa forma, ele receberá pelos serviços ambientais, apesar de não estar contribuindo, dado que ele apenas transferiu suas atividades prejudiciais para outra região.

Um caso específico de “spillover”, também muito comum, são os vazamentos de preço macro. Esses ocorrem quando preços de produtos afetados pelos PSA aumentam no mercado geral, em resultado de uma redução da produção nessas áreas, o que leva a produtores de áreas não cobertas pelos SA a também aumentarem seus preços, tomando vantagem desses choques na oferta. Por fim, o preço pode atingir um patamar acima do que os beneficiários estariam

dispostos a pagar, e nesses casos, o PSA torna-se menos eficiente. Ou seja, é de enorme importância que os programas de fato consigam gerar os serviços ambientais com êxito, dado que existe uma série de obstáculos que podem limitar seu potencial.

Acredita-se que os programas financiados por usuários sejam mais efetivos do que aqueles sustentados pelo governo. Isso ocorre devido aos usuários investirem seu próprio dinheiro, aumentando os esforços para o sucesso, além de a escala desses serviços ser menor, facilitando o monitoramento para a garantia de que os benefícios ecossistêmicos sejam gerados conforme o contrato. Enquanto nos programas governamentais, a permanência depende do fluxo contínuo de recursos e a mudança dos termos pode levar à saída de provedores, o que dificultaria seu andamento.

3.3 Análise de Resultados Empíricos

A análise de resultados empíricos é essencial para o molde dos mecanismos de pagamentos de serviços ambientais. A partir deles, identifica-se questões que devem ser aprimoradas em programas futuros, como: a eficiência na alocação de recursos, adaptabilidade de acordo com a região em que o programa está sendo instaurado, mecanismos de monitoramento e avaliação e presença de grupos sub ou sobre representados no programa. Além de questões anteriormente citadas, que podem ser averiguadas para os programas observados, como: a ocorrência de “spillovers” e adicionalidade. Ademais, uma expansão nas pesquisas baseadas em evidências do passado nos PSA, solidificam uma base científica que aumenta a credibilidade e leva a um possível crescimento no número de programas no futuro, dado que suas estratégias se tornam mais consistentes, precisas e bem elaboradas.

Existem diversas formas de avaliar os impactos desses programas. O mais utilizado é o método quase experimental, chamado de “diferenças em diferenças¹⁹”. A principal ideia é comparar o que acontece com o grupo de tratamento antes e depois de certo evento, no caso, da implementação do programa de PSA. Com objetivo de encontrar o efeito de interesse, o método busca uma dupla diferença: (grupo de tratamento antes – grupo de tratamento depois) – (grupo de controle antes – grupo de controle depois) = β . A hipótese

¹⁹ O estimador DID, além de requisitar tendências paralelas dos grupos de tratamento e controle no pré-programa, necessita de dados de “cross-section” em painel ou agrupados.

de tendências paralelas deve ser cumprida, para que o efeito não seja viesado, ou seja, afetado por tendências temporais comuns aos grupos, no pré-programa. A utilização do método DID traz rigor científico e contribui para uma compreensão mais precisa dos impactos dos programas.

3.3.1 Programa Bolsa Floresta (Brasil)

Seguindo as informações de Silva et al.²⁰, no artigo “Land use under Bolsa Floresta Programa in SDR Uatumã” da revista “Acta Amazônica”, a Amazônia brasileira, maior floresta contínua do planeta, importante agente na absorção de CO₂, está cada vez mais ameaçada por atividades antrópicas, com a expansão do cultivo de soja e pecuária na região. A maior parte do desmatamento, cerca de 85%, ocorre em terras privadas e uma menor parcela dele (15%), em territórios protegidos, onde algumas comunidades tradicionais habitam e degradam a partir de queimadas a fim de estabelecer roças para a agricultura familiar.

A fim de reduzir o desflorestamento nas áreas protegidas, no ano de 2007 o governo do estado da Amazônia com o apoio do Fundo Amazônia e diversos doadores privados nacionais e internacionais, desenvolve o “Bolsa Floresta”. O primeiro programa de PSA direcionado à essas comunidades, que em muitos casos viam a agricultura familiar como forma de subsistência. Inicialmente, o programa contou com nove unidades de conservação (UC), cinco ingressaram posteriormente, em 2009, e mais uma em 2010. No ano de 2019 o programa cobria uma área de mais de 10 milhões de hectares, sendo considerado um dos maiores PSA da América Latina, quando se trata de área. O programa beneficia mais de 9600 famílias, e a taxa de participação varia entre 70 e 100% dos domicílios residentes. Dessa forma, além das pautas ambientais, o programa busca um aumento do bem estar e desenvolvimento das comunidades locais²¹.

O principal componente do PBF é o chamado Bolsa Floresta Família (BF-F), que financia o desmatamento zero a partir de pagamentos mensais de 505 reais às famílias

²⁰ SILVA, Romero Gomes Pereira da et al. Land use dynamics under the Bolsa Floresta Program: a case study of the Uatumã Sustainable Development Reserve (Amazonas, Brazil). *Acta Amazonica*, 51(4): 370-381, dec. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357141270_Land_use_dynamics_under_the_Bolsa_Floresta_Program_a_case_study_of_the_Uatuma_Sustainable_Development_Reserve_Amazonas_Brazil/link/61c12eebfd2cbd7200b62e62/download. Acesso em: 28 abr. 2023.

²¹ SILVA, 2021.

que habitam em unidades de conservação há pelo menos dois anos, e que cumprirem com o compromisso, e algumas outras condições, como a exigência de que as crianças da família estejam matriculadas na escola.

Considerando que a renda mensal média nessas comunidades varia entre 410 e 560²² reais, os pagamentos representam um aumento relativamente grande na renda das famílias participantes. Além dos pagamentos diretos às famílias, o PBF promove encontros nessas comunidades visando a construção da capacidade de liderança e promover a justiça social, além do incentivo aos indivíduos para buscarem seus interesses. Uma parcela (10%) dos valores do BF-F é destinada para subsídios anuais dos quais a comunidade decide onde alocar os recursos. O Bolsa Floresta Renda possui o objetivo de fomentar projetos “eco-friendly” desenvolvidos pelas famílias e por elas selecionados, essas receberão 350 reais anualmente. Por fim o Bolsa Floresta Social (BF-S), que também fornece 350 reais anuais, mas nesse caso, com o objetivo do desenvolvimento de infraestrutura na região, destinado ao saneamento, eletricidade, sistemas de comunicação, abastecimento de água, dentre outros.

O desenho do programa, idealmente busca alcançar seus objetivos a partir da relação entre a melhora na qualidade de vida dos habitantes dessas regiões com a preservação de florestas. O apoio financeiro dado às famílias somadas aos outros diversos benefícios, tornam-se uma ferramenta essencial para a capacitação do processo de preservação. Acrescentada a pressão social que é criada, levando aos indivíduos dessas populações se auto cobrarem e servirem como uma forma de monitoramento das atividades, alertando autoridades em caso de violações.

O lado negativo do programa é que este monitora as áreas por meio de imagens de satélite, que não identificam desmatamentos menores que 6,25 hectares. O que pode ser um grande problema, dado que uma considerável porção dos cultivos na área são em pequenas áreas de até 1 ha, majoritariamente focadas na monocultura de mandioca²³.

A não captação por meio de satélites desses pequenos terrenos não permitiu mitigar o aumento de 34% em remoções da cobertura florestal de menor escala, sendo essa uma

²² CISNEROS, 2019.

²³ A principal base alimentar na região, além de ser uma das fontes de renda com a venda da farinha produzida a partir do tubérculo.

externalidade negativa gerada por falhas no sistema de monitoramento que poderiam ser fixadas com avanços na tecnologia dos satélites.²⁴

3.3.2 Bolsa Floresta na RDS do Uatumã

O estudo de caso que foi selecionado na publicação da “Acta Amazônica” para melhor compreender os efeitos do programa na região, foi o de Uatumã, a primeira área onde o Programa Bolsa Floresta foi introduzido. A reserva abriga um total de 361 famílias, com rendas entre 70 e 400 dólares, provenientes principalmente da agropecuária, pensões de aposentadoria, pesca e dos próprios incentivos do PBF (englobam 83% da comunidade).

Na reserva, os ciclos da produção podem variar, com curtos períodos de pausa (entre 2 e 7 anos) e mais longos (mais de 15 anos), dependendo da necessidade do agricultor. Isso impacta severamente à possibilidade de reflorestamento após o abandono da terra, uma vez que os ciclos mais longos acabam gerando o empobrecimento do solo e a proliferação de ervas daninhas, o que pode ser ainda mais intensificado pela prática da monocultura. Em minha opinião, uma forma de reduzir esses efeitos negativos seria o incentivo pela rotação de culturas e incentivos aos agricultores que optarem por ciclos com períodos mais longos de pausa.

Com objetivo de avaliar o cumprimento do programa, buscou-se identificar clarões de a partir de 0,45 ha²⁵, já que as áreas de cultivo familiar variam entre 0,5 Ha e 1 Há. As roças mapeadas foram sobrepostas utilizando como base o ano de 2006 e comparando posteriormente aos anos de 2011, 2015 e 2019, o que possibilita que os pesquisadores determinem o grau de intensificação de abertura rotativa, que ocorre a partir de práticas de corte e queima. Resultados mostram que 88% dessas áreas destinadas ao meio agrícola possuíam entre 0,45 (menor área mapeada) e 6,25 ha.

As áreas foram mapeadas a partir do Índice de Umidade de Diferença Normalizada (NDMI – Normalized Difference Moisture Index), detectando os níveis de umidade na vegetação, utilizando uma combinação de bandas espectrais do infravermelho próximo e

²⁴ CISNEROS, Elías et al. Impacts of conservation incentives in protected áreas: The case of Bolsa Floresta, Brazil, 2019.

²⁵ Incentivado pela abertura ilegal de pequenas roças na região, que ao se tornarem comuns, intensificam o desmatamento na região.

do infravermelho de onda curta²⁶. Empiricamente, encontraram valores entre 0 e 0,3 para identificar áreas agrícolas, com a exceção de 2015, que devido ao El Niño de 2015 e aumento das secas, o limite variou entre 0 e 0,12. Levando em conta que essas plantações não ocorrem em áreas inundadas, excluiu-se essas juntamente das partes de sombra e nuvens. A partir daí calculou-se o tamanho das áreas de roça ano a ano, utilizando o método de sobreposição para calcular o grau de intensificação.

Com objetivo de avaliar os impactos do BF (Bolsa Floresta), é necessário identificar os espaços referentes a florestas primárias. Com esse objetivo utilizou-se no estudo de caso o “MapBiomass” de 2006, que foi atualizado a partir da exclusão de áreas que posteriormente foram classificadas como roças ou como vegetação secundária. Além de identificar as áreas correspondentes a florestas secundárias, nesse caso, utilizou-se o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), os limites identificados foram entre 0,83 e 0,88.

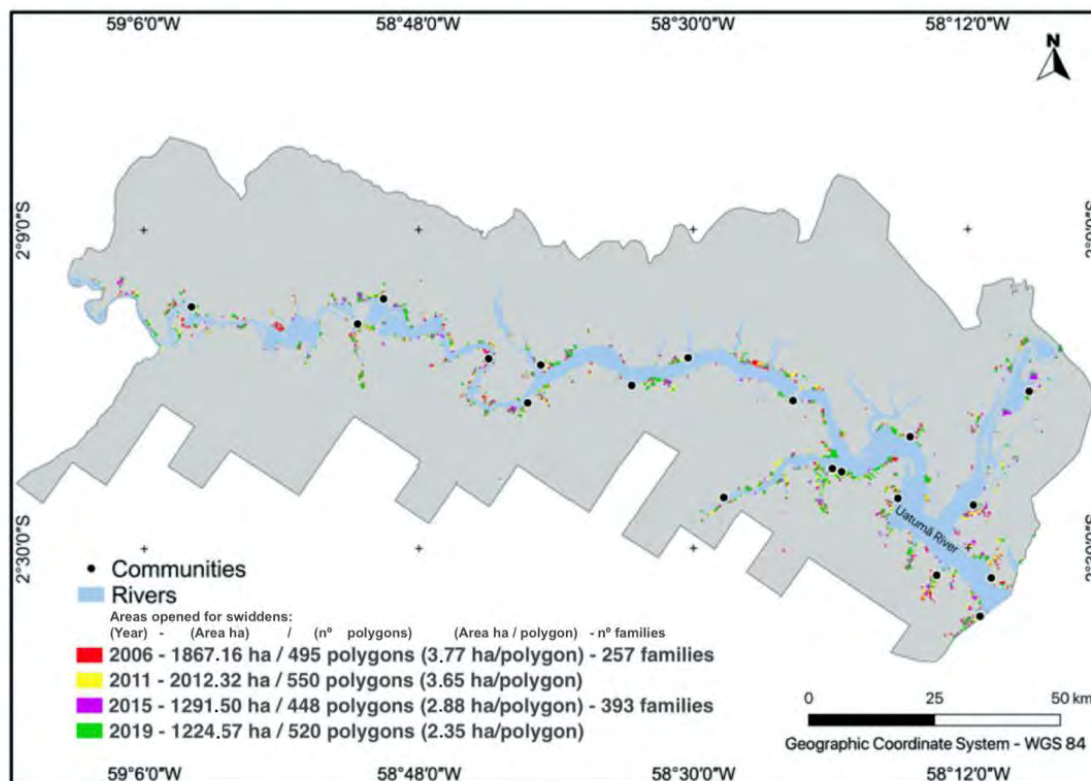


Figura 6 - Distribution of swidden-area polygons in Uatumã Sustainable Development Reserve (Amazonas, Brazil) in 2011, 2015 and 2019. Total swidden area, number of polygons and average area per polygon for each year are indicated in the map legend.

²⁶ NDMI (Índice de Umidade de Diferença Normalizada). **EOS Data Analytics**. Disponível em: <https://eos.com/pt/make-an-analysis/ndmi/#:~:text=O%20%C3%8Dndice%20de%20Umidade%20de,do%20estresse%20h%C3%ADdrico%20nas%20culturas>. Acesso em: 1 maio 2023.

Fonte: Reproduzido de “Land use dynamics under the Bolsa Floresta Program: a case of study of the Uatumã Sustainable Development Reserve (Amazonas, Brazil)”²⁷.

A partir da imagem acima, é possível perceber que a maior parte das áreas abertas para roças seguem o fluxo do rio Uatumã, o que o autor acredita que seja devido a uma maior facilidade no transporte, mas acredito que também haja uma influência da facilidade na captação de água e sua utilização no cultivo.

A partir da legenda da figura 6, é possível perceber que, apesar de inicialmente o número de polígonos ter aumentado, entre 2011 e 2015, posteriormente houve redução no número de áreas abertas em florestas primárias, sendo essa redução de 257 polígonos em 2011 para 159 em 2019. Acrescido a uma redução do tamanho médio dos polígonos, de 1,7 ha em 2011 para 1.2 ha em 2019. Tais ocorrências identificam um efeito positivo do programa na redução do desmatamento, que além de reduzir a expansão de roçados, que ficaram muito abaixo do limite permitido de 3 ha, contiveram a abertura de novas roças.

Os pesquisadores chegaram a uma conclusão bastante interessante, que pode permitir uma mudança essencial no monitoramento de diversos programas, principalmente aqueles localizados em reservas de desenvolvimento sustentável. A necessidade de maior resolução nas imagens de monitoramento, dado que aquelas mapeadas pelo PRODES (Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal por Satélite), sistema atualmente utilizado no PBF, captam apenas áreas acima de 6,25 ha, que são minoria no caso analisado. Sendo assim, haveria uma superestimação dos efeitos do programa, que não conseguiria identificar a maioria das roças abertas no território.

O PRODES pode ser efetivo em áreas onde a maior parcela das plantações são maiores do que 6,25 ha, mas no caso de reservas ambientais, é ineficiente, visto que a maior parte dessas roças são para a agricultura familiar e são menores do que o tamanho mínimo identificado de 6,25 ha.

Em suma, o principal resultado encontrado foi que o Bolsa Floresta possibilitou uma redução de 42% nas áreas de roçados em florestas primárias na região de Uatumã, na comparação entre 2011 e 2015, seguidos por uma queda de 25% em 2019 relativa a 2015. Em 2011 as roças em mata primária correspondiam a 21,7%, chegando a 15,6%

²⁷ SILVA, 2021.

sob os efeitos do programa. Apesar disso, o número de áreas abertas nas florestas primárias aumentou em 2015, justificado pela maior fragmentação das áreas de cultivo, dado que a média dos roçados que era de 1,7 ha em 2011 sofreu queda para 1,2 ha em 2019.

Apesar do programa ter sido aditivo, reduzindo a quantidade e tamanho médio das roças em florestas primárias, que apesar de positivo, são áreas onde a demanda por desmatar não eram altas no pré-programa. Em contraponto, negativamente, o PBF acabou incentivando a intensificação no uso da terra, quando os ciclos se tornam ainda maiores, gerando empobrecimento do solo e redução de produtividade. Efeito que somado a emigração, desmatamento por não residentes (crime ambiental) e aumento populacional na RDS, intensifica o desflorestamento nas zonas de uso extensivo, onde concentra-se o foco da preservação.

As zonas de uso extensivo são caracterizadas como áreas de conservação, com a manutenção de ambiente natural, sendo proibida a abertura de roças, mas permitidas atividades extrativistas como a silvicultura e pesca²⁸. O avanço do desmatamento nessas áreas pode trazer desequilíbrios na fauna e flora da região. O que desencadeia na perda de biodiversidade, além da redução de serviços hidrológicos, redução da absorção de CO₂ (o que contribui para as mudanças climáticas no mundo) e redução de recursos naturais na área, diminuindo a possibilidade do usufruto dos mesmos pela comunidade.

Outra questão diz respeito a entrada de novas famílias nessa região concomitantemente a redução das áreas de roça. Que resulta na redução do tamanho médio das roças por família, que deveria ser ainda menor, por conta da expansão das áreas de pastagem que não conseguem ser discernidas das roças na imagem, superestimando os valores médios encontrados.

O programa busca restringir os espaços de cultivo apenas para áreas de uso intensivo, alguns pontos acabam dificultando esse objetivo. A sobreposição de camadas de zoneamento com o mapeamento de “swiddens” identificou que em locais de uso extensivo já existiam 649,6 ha de roças. As áreas de uso intensivo representavam apenas 3,8% da área total, considerando que parte dessa área ainda seria destinada para diversos tipos de infraestrutura, pouco sobraria para o desenvolvimento de roças. Por fim, a falta de clareza na divisão entre as zonas de uso intensivo e extensivo, que acaba levando a

²⁸ Essas atividades, se bem gerenciadas, garantem um desenvolvimento sustentável na área

abertura de roças em zonas irregulares. Creio que uma forma de resolver parcialmente tais desafios seria um aumento na medida do possível das zonas de uso intensivo, tornando um pouco mais flexível a abertura de roças na RDS (Reserva de Desenvolvimento Sustentável), o que reduziria a abertura em regiões ilegais. Além de campanhas para auxiliar na compreensão da comunidade quanto a identificação das zonas.

Outra razão que causou a redução nas áreas de uso intensivo foi a queda no preço da farinha de mandioca, levando a saída dos produtores desse produto para outras aldeias. Aqueles produtores que se mantiveram na região reduziram suas produções, dada a redução da vantagem comparativa de se produzir a farinha, que poderia ser substituída por outras atividades.

Silva et al.²⁹ cita na parte final do estudo que a mandioca vai além de um bem econômico para a comunidade, mas faz parte da cultura, em que o programa não deve interferir. Sendo assim, o programa deverá se ajustar para respeitar a comunidade no quesito, levando em conta a população de baixa renda que depende de tais recursos.

3.4 Projeto Assentamentos Sustentáveis na Amazônia (PAS)

O projeto estudado por Simonet³⁰, implementado pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), e lançado no ano de 2012, tem como principal estímulo a redução da degradação ambiental na região. O programa é fundamentado em pagamentos de serviços ambientais e no oferecimento de apoio administrativo gratuito a 350 pequenos produtores, habitantes de 13 assentamentos localizados nas proximidades da Rodovia Transamazônica³¹, no Pará.

A subsistência nessas comunidades depende da pecuária extensiva e agricultura itinerante, também conhecida como agricultura de corte-e-queima. Além de responsáveis pelo desmatamento, geram empobrecimento do solo, emissão de gases do efeito estufa e redução da fauna e flora da região. Sendo imprescindível a redução dessas práticas, que podem ser substituídas por outras menos nocivas ao ecossistema.

²⁹ SILVA, 2021.

³⁰ SIMONET, Gabriela et al. Effectiveness of a Redd1 Project in Reducing Deforestation in the Brazilian Amazon. *Amer. J. Agr. Econ.*, 101(1): 211–229. 18 jun. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1093/ajae/aay028>. Acesso em: 13 maio 2023.

³¹ Local com histórico de altos níveis de desmatamento.

A inclusão no PAS foi oferecida para 320 famílias que anteriormente participaram do Proambiente³², 80% dos participantes do PAS faziam parte do antigo programa, os 20% que não deram sequência, possivelmente se mudaram, se sentiram insatisfeitos com a suspensão do antigo programa e/ou achavam os PSA insuficientes. A estratégia é muito interessante, pois dá continuidade ao estímulo das práticas ambientais àqueles indivíduos que já estavam familiarizados, e compreendiam a relação mutualística proposta no programa.

Com objetivo de avaliar os impactos do programa, foram coletadas informações acerca de 106 famílias na comunidade de intervenção e 75 em comunidades próximas onde o programa não foi implementado (contrafactual). Buscando evidências que deem suporte a hipótese principal, de tendências paralelas no pré-programa, verificada a partir de um teste placebo, e confirmada.

Fazendo uma comparação entre famílias participantes e não-participantes (vivendo na região de tratamento), são semelhantes em cobertura florestal, área de cultivo e pasto. No entanto as participantes possuíam em média menores lotes, menos gado e participavam mais de atividades assalariadas, logo, poderíamos associar uma relação negativa entre participação e nível de renda.

O mecanismo do PAS é desenhado a partir de quatro principais componentes: (i) O primeiro é a conscientização sobre o Código Florestal Brasileiro, que limita as áreas de cultivo a apenas 20% em propriedades localizadas na Amazônia, mas no PAS a exigência é de apenas 50%, o que pode estar atrelado ao Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), permitindo uma extensão do potencial econômico nas propriedades, e a facilitação do cumprimento.³³ (ii) O segundo é o suporte para os moradores dos municípios selecionados se inscreverem no Cadastro Ambiental Rural (CAR).³⁴ (iii) O terceiro pilar é o suporte por meio dos PSA para o cumprimento do código, e por fim (iv) o apoio aos sistemas de subsistência sustentáveis, a partir de suporte financeiro e investimentos a

³² Programa similar ao PAS.

³³ O código também exige a manutenção da qualidade da água e solos nas fazendas.

³⁴ “CAR é um registro público eletrônico nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento”. BRASIL. Serviços de Informações do Brasil. **Inscriver Imóvel Rural no Cadastro Ambiental Rural (CAR)**. Publicado em: 5 jan. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/inscrever-imovel-rural-no-cadastro-ambiental-rural-car#:~:text=O%20Cadastro%20Ambiental%20Rural%20%E2%80%93%20CAR,econ%C3%B4mico%20e%20combate%20ao%20desmatamento>. Acesso em: 4 maio 2023.

fundo perdido para assistência técnica, insumos agrícolas, equipamentos e suporte do comércio da produção local, auxiliando na substituição das práticas que envolvem o desflorestamento.

No ano de 2008, municípios com maiores níveis de desmatamento na Amazônia foram inseridos em uma “*blacklist*”, onde o monitoramento para cumprimento de leis ambientais foi reforçado. Agricultores tornam-se mais vulneráveis ao descumprimento da lei, dada a clara ameaça por parte do estado. O que incentiva não só o cumprimento da lei, como também a participação no programa, na região analisada, uma vez que todos os municípios da amostra faziam parte dessa lista.

Os pagamentos oferecidos àqueles inseridos no projeto dependem de alguns fatores - 30% do pagamento depende da conservação de 50% da propriedade (adaptação do Código Florestal que exige 80%); outros 30% estão ligados à preservação da vegetação ripária (ou ribeirinhas), extremamente importantes para a preservação de rios e lagos; e os 40% restantes estão atrelados a utilização de outros meios que não envolvam queimadas (agricultura itinerante). Entretanto, até o ano de 2014 os PSA dependiam apenas da conservação florestal. Estima-se que esses pagamentos anuais podem atingir até 626 dólares.

Estimator	(1) Forest cover (%)	(2) Total land (ha)	(3) Crop land (%)	(4) Pastures (%)
DID	5.41**	1.44	0.38	-6.91**
	2.71	5.72	1.58	2.74
DID-matching				
NNM(4X)	7.10**	-4.29	-0.50	-8.11***
	3.21	7.17	2.46	3.07
NNM(2X)	10.66**	5.43	-1.80	-9.95**
	4.99	8.43	2.81	4.31
PSM (kernel)	7.98*	-2.28	1.39	-11.32***
	4.52	5.66	4.62	3.25
PSM(2N)	8.61**	-1.50	1.50	-11.70***
	4.16	4.60	3.69	1.67
PSM(4N)	7.38*	-6.79	0.37	-9.39***
	4.49	6.44	3.67	1.73
Linear regression				
OLS(X)	6.22*	-0.73	1.14	-7.82***
	3.23	5.98	1.91	2.97
OLS(PS)	6.06	-0.26	0.54	-7.15**
	3.91	6.07	2.82	3.35
Mean value y_1	65.93	79.28	9.34	21.77

Figura 7 - Impacts of participants in 2014.

Fonte: Reproduzido de “Effectiveness of a Redd+ on Reducing Deforestation in the Brazilian Amazon”³⁵.

³⁵ SIMONET, 2018.

Com o objetivo de verificar o possível aumento nos terrenos participantes, o que poderia levar ao aumento do desmatamento, foram aplicadas diferentes estratégias de identificação que geraram a tabela acima. Ao analisar a coluna 2, não foi observado um aumento estatisticamente significativo na extensão das propriedades. Ao observar a coluna 3, que avalia as áreas de cultivo, não houve mudanças significativas. No entanto, avaliando a coluna 5 revelou-se uma redução estatisticamente significativa de -6,91%, representando uma diminuição média de 5,5 hectares de pasto por fazenda nos grupos inseridos no PAS. A partir disso, conclui-se que a redução no desflorestamento está relacionada a uma diminuição nas áreas de pastagem, e não das áreas de cultivo.

Em relação aos “*spillovers*”, a partir de testes estatísticos usando o método de diferenças em diferenças, testes de placebo, e balanceamento, a hipótese nula não pode ser rejeitada, independentemente do estimador utilizado. O que significa que se houver qualquer transbordamento, ele é muito pequeno, ao ponto de não poder ser identificado pelos dados à disposição.

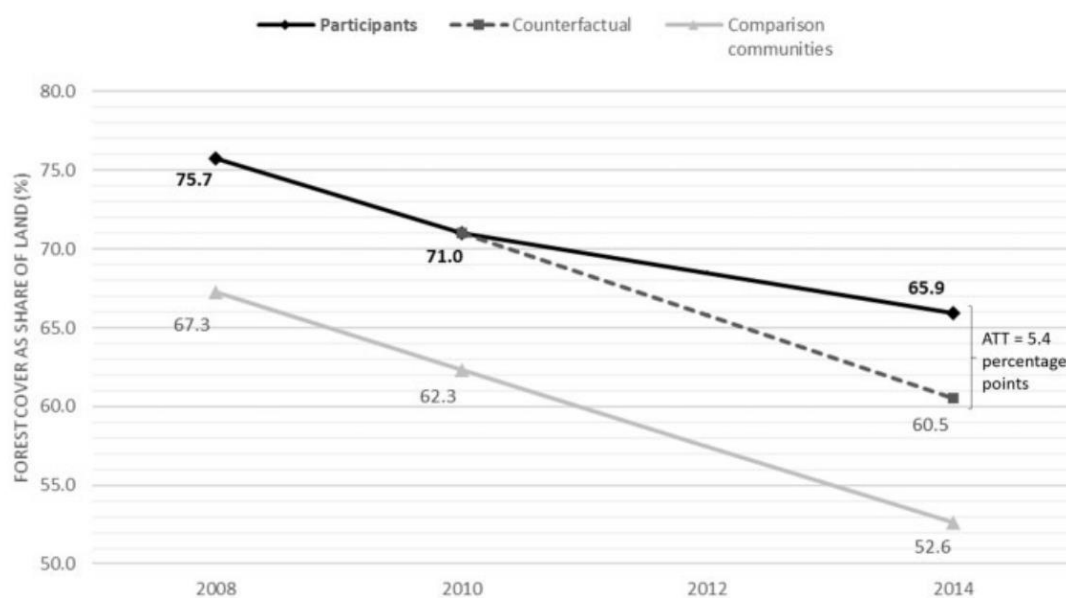


Figura 8 - Forest cover as a share of land among participants³⁶.

Fonte: Reproduzido de “Effectiveness of a Redd+ on Reducing Deforestation in the Brazilian Amazon”³⁷.

O gráfico acima foi reproduzido a partir da adoção do método de diferenças em diferenças com pareamento, a fim de controlar os dados para características observáveis.

³⁶ SIMONET, 2018.

³⁷ Ibid.

Analisando-o é possível notar um efeito médio de tratamento sobre os tratados (EMTT) de 5,4%, o que equivale a uma média de 4,3 hectares salvos por fazenda pertencente ao grupo de tratamento. No total foram 1505 hectares de floresta salvos, considerando-se 350 famílias participantes.

Em CO₂, o projeto foi responsável pela redução de aproximadamente 639.000 toneladas nos primeiros dois anos da implementação, com custo 0,84 dólar por tonelada, valor alto, se comparado ao estudo citado, de Jayachandran et al.³⁸ em Uganda, onde o valor encontrado foi US\$0,46/ tCO₂.

A partir dos resultados encontrados, onde o PAS gerou uma redução de aproximadamente 50% no desmatamento, os autores³⁹ concluem que projetos REDDp, baseados em incentivos, desincentivos e medidas facilitadores, podem ser uma estratégia essencial quando o objetivo é reduzir a destruição de florestas⁴⁰.

Uma alternativa de cultivo sem desmatamento, altamente rentável, é o plantio de Cacau, permitido em reservas legais. Porém, alguns desafios são encontrados, como altos custos iniciais, apoio técnico agrícola e solos férteis (as duas primeiras poderiam ser solucionadas a partir de subsídios governamentais).

O programa é multicomponente, e possui estratégias além do PAS para atingir a conservação. Como: o apoio administrativo para a inscrição no CAR e a conscientização sobre as obrigações perante o código florestal. Porém, o que mais me chamou atenção foram os incentivos para produções mais sustentáveis⁴¹, que vão além de incentivos financeiros, oferecendo assistência técnica, insumos, máquinas, e até mesmo suporte para a comercialização da produção, muito requerida por esses pequenos produtores, que enfrentam desafios para o escoamento da produção. Sendo assim, é dubitável se foram os PSA por si só que possibilitaram o sucesso do programa.

³⁸ JAYACHANDRAN, Seema et al.. **Cash for carbon**: A randomized trial of payments for ecosystem services to reduce deforestation, 2017.

³⁹ SIMONET, 2018.

⁴⁰ No caso estudado, por parte de pequenos fazendeiros.

⁴¹ Como a agrossilvicultura, pecuária intensiva e piscicultura.

3.5 Bolsa Verde (BV)⁴²

O programa foi implementado em 2011, nas Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCs) localizadas na Amazônia Legal. Os níveis de desmatamento são relativamente baixos se comparados a outras regiões, porém relevantes. A principal motivação para a criação do BV foi o fato de 7,5 milhões que vivem em extrema pobreza, quase metade advém de áreas rurais.

A estrutura do programa é baseada em pagamentos trimestrais no valor de 300 reais por 2 anos, podendo ser renovado. Os destinatários são famílias que vivem em extrema pobreza (renda mensal inferior a 77 reais), residentes de área prioritária elegível e que cumpram com o código florestal, mantendo 80% das áreas de florestas.

Em caso de extrapolação do limite de desmatamento, ou superação da extrema pobreza, os membros da família são expulsos do BV, e tem seus benefícios interrompidos. Sendo assim, o BV é um programa socioambiental e busca uma redução de participantes com o tempo, que devem superar a pobreza extrema, a partir dos benefícios recebidos pelos serviços ambientais concedidos.

Uma questão levantada pelos pesquisadores foi a possível relação entre Bolsa Família e Bolsa Verde na redução de desmatamento, dado que todos os participantes do BV também estavam incluídos no BF. A fim de checar essa interação, testou-se os efeitos do BV em regiões com mais ou menos beneficiários do BF, e encontraram evidências de que o efeito de ambos os programas é independente.

O programa possui uma peculiaridade em relação aos outros anteriormente citados. O benefício, não necessariamente será destinado a proprietários de terra. No BV a exigência é em nível agregado, ou seja, se a região onde as famílias habitam não estejam cumprindo com o código florestal, o benefício é interrompido para todos, e não apenas pelos responsáveis.

Acredita-se que essa forma de avaliação incentiva o monitoramento coletivo das áreas, a partir de uma pressão social na comunidade, que impactaria não só beneficiários, como também aqueles que não recebem os incentivos. Um estímulo às denúncias em caso de práticas ilegais. Sendo assim, áreas mais povoadas teriam acompanhamento das

⁴² WONG, Po Yin et al. Pay for Performance and Deforestation: Evidence from Brazil. **Cornell University**. Publicado em: out. 2018. Disponível em: http://barrett.dyson.cornell.edu/NEUDC/paper_366.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

atividades mais efetivo, levando a uma elevação na redução do desmatamento. A acentuação do efeito é comprovada a partir da análise de dados que mostraram que um aumento de 10% no número de beneficiários em uma UC leva a uma redução de 12,2% no desflorestamento da região; o que ocorre de forma muito mais sutil em assentamentos, em que um aumento de 10% de receptores do BV leva a uma redução de apenas 0,36% no desmatamento.

Na grande maioria dos programas de PSA, existe uma diferenciação no efeito, dependendo dos níveis de desmatamento em cada área antes da aplicação do programa. Visando verificar a heterogeneidade desses efeitos, áreas foram divididas em subamostras de acordo com o nível de desmatamento no pré-programa. Identificou-se que a redução em regiões onde os níveis de desmatamento eram mais elevados foi 1,53% maior, o que salienta a importância do desenvolvimento de programas focados em locais com maior risco de desmatamento.

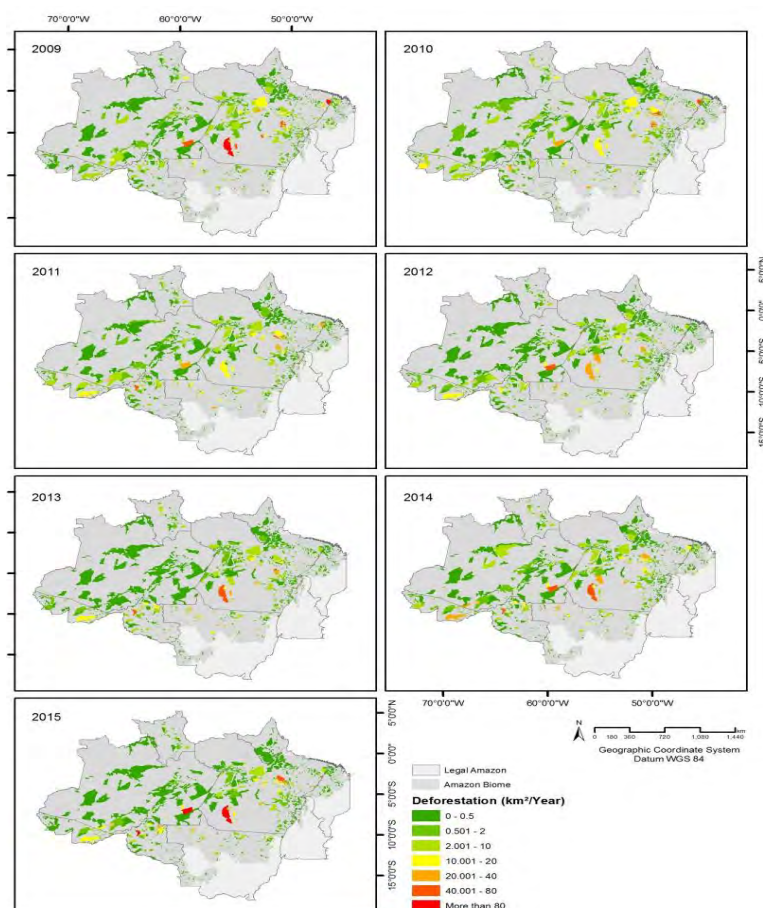


Figura 9 - Annual Deforestation Rates in Areas Eligible for Bolsa Verde (2009 to 2015).
Fonte: Reproduzido de Pay for Performance and Deforestation: Evidence from Brazil⁴³.

⁴³ WONG, 2018.

A partir da imagem acima é possível identificar o nível de desmatamento nas áreas englobadas no programa BV, entre 2009 e 2015. Os três primeiros anos representam o pré-programa e os outros quatro representam os primeiros anos da aplicação. Levando que territórios são majoritariamente verdes em todos os anos, conclui-se que essa é uma área de desmatamento mais baixo. Porém, identificaram algumas áreas onde o desmatamento teve aumento expressivo, a partir da implementação do BV, saindo de aproximadamente 4,38km²/ano para mais de 73,86km²/ano, crescendo mais de 16 vezes, mas também se observa áreas de decréscimo, revelando algum impacto positivo do programa analisado.

Com objetivo de mensurar os efeitos do programa sobre o desmatamento, utilizou-se o método de diferenças em diferenças a partir da seguinte regressão:

$$Deforestation_{zt} = \alpha_0 + \beta BoslaVerde_{zt} + \alpha_1 RF_{zt-1} + \alpha_2 X_{zt} + \nu_z + \mu_t + \epsilon_{zt}$$

Figura 10 - Regressão Bolsa Verde.

Fonte: Reproduzido de Pay for Performance and Deforestation: Evidence from Brazil⁴⁴.

Sendo a taxa de desmatamento na área z a variável dependente; “Bolsa Verde” uma dummy que assume 1 se a zona z tem participantes do BV no ano t, e zero caso contrário, essa está ligada a β , que é o efeito médio de tratamento sobre os tratados, variável de interesse; RF denota o estoque de florestas na área em t-1; X é um vetor de fatores que podem impactar o desmatamento; ν_z representa os efeitos fixos da área prioritária e μ_t os efeitos fixos do ano.

Dependent variable	Deforestation rate (%)			Log of deforestation rate		
	(1) All	(2) SUC	(3) Settlements	(4) All	(5) SUC	(6) Settlements
Sample						
Baseline specification	-0.159** (0.0642)	-0.103* (0.0595)	-0.175** (0.0795)	-0.0564** (0.0229)	-0.0536* (0.0278)	-0.0573** (0.0281)
Preferred specification	-0.139** (0.0626)	-0.0542* (0.0307)	-0.172** (0.0747)	-0.0472** (0.0223)	-0.0348* (0.0177)	-0.0537** (0.0271)
Pre-BV deforestation in receiving areas (sqkm)	0.158	0.489	0.088	0.158	0.489	0.088
Observations	2,961	602	2,359	2,961	602	2,359
R ²	0.007 [0.022]	0.012 [0.162]	0.008 [0.034]	0.009 [0.024]	0.019 [0.243]	0.010 [0.031]

Figura 11 - Impact of BV Participation on Deforestation.

Fonte: Reproduzido de Pay for Performance and Deforestation: Evidence from Brazil⁴⁵.

⁴⁴ WONG, 2018.

⁴⁵ Ibid.

Analisando a coluna 1, Wong et al.⁴⁶ concluíram que o programa gerou a redução de 4,72% na taxa de desmatamento. A partir das colunas 2 e 3, identificou-se um efeito maior nas UCs com redução de 2,64 há a menos de desmatamento anual, enquanto nos assentamentos 1,51 ha de floresta. Levando em conta que os estoques em assentamentos são menores do que nas unidades de conservação, a redução em taxa de desmatamento em assentamentos é de 5,37% e nas UCs 3,48%, ou seja, a redução na taxa nas regiões de assentamentos é 1,5 vezes maior do que nas UCs. Fato que levou a confirmação dos pesquisadores sobre a importância das instituições locais para a efetividade do programa.

O programa possibilitou a redução do desmatamento nas áreas em que ele foi implementado, porém, para checar o nível de eficácia do mesmo, é necessário verificar a presença de transbordamentos negativos causados pelo mesmo.

O gráfico abaixo foi desenvolvido meticulosamente para ilustrar as médias locais de desmatamento 10km dentro das fronteiras das UC's que receberam BV e 10 km para fora. Como pode se observar, há uma clara descontinuidade na curva de desmatamento do pós-programa, onde o desmatamento no limite à esquerda (fora da UC) é expressivamente maior do que à direita (dentro da UC). Portanto, há de se concluir um efeito positivo superestimado do programa, dado que esse gerou uma “transferência de desmatamento” para os locais próximos, onde o programa não foi implementado.

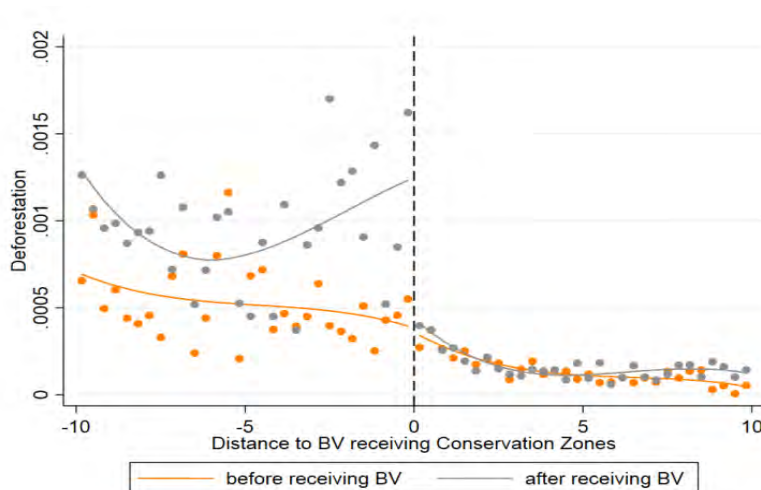


Figura 12 - Deforestation Inside and Outside BV-Receiving Sustainable Use Conservation Zones.

Fonte: Reproduzido de Pay for Performance and Deforestation: Evidence from Brazil⁴⁷.

⁴⁶ WONG, 2018.

⁴⁷ Ibid.

Os pesquisadores⁴⁸ concluem que apesar dos “spillovers” negativos, os benefícios do programa são de em média US\$6620 por domicílio, mais de dez vezes o valor dos pagamentos aos beneficiários e que o sucesso do programa está altamente correlacionado aos incentivos sociais, que geram um automonitoramento, incentivo eficaz para o cumprimento com o código florestal, somado ao aumento de beneficiários que intensifica esse efeito.

3.6 Pagamentos de Serviços Ambientais Hídricos - Programa Produtor de Água (PA) e Conservador das Águas (CA)

O trabalho de pesquisa de Ruggiero et al que analisaremos trata de dois programas de PSA na região da Mata Atlântica, que tem como principal objetivo melhorar o nível e qualidade da água do sistema Cantareira⁴⁹, a partir de incentivos às práticas de conservação do solo e florestas. São eles, o “Produtor de Água”, programa iniciado em 2006 na cidade de Joanópolis (estado de São Paulo), e o “Conservador das Águas” lançado em 2005 no município de Extrema (estado de Minas Gerais).

Os programas incentivam a manutenção de áreas florestais, e a restauração florestal. Essas são extremamente importantes na regulação do ciclo hidrológico; contendo enchentes, evitando a desertificação, protegendo o solo e lagos, e sendo fundamentais para a manutenção dos principais sistemas de captação do país, indispensáveis no fornecimento de água para a população.

A principal disparidade entre os programas se dá na forma de se calcular os pagamentos. Enquanto o CA é baseado na área total da propriedade, o PA considera apenas as áreas em que os proprietários se comprometeram a conservar, o que ao meu ver poderia gerar um incentivo ao desmatamento na parte da propriedade em que o programa não está em vigor, gerando maior benefício econômico ao proprietário.

Os pesquisadores consideraram todos os inscritos nos programas entre 2007 e 2013, com contratos válidos até dezembro de 2014 (PA), e fevereiro de 2015 (CA) como grupo de tratamento. Enquanto o contrafactual foi composto pelas propriedades inscritas no CAR nas áreas em que os programas foram implementados, mas que não participaram do

⁴⁸ WONG, 2018.

⁴⁹ Um dos mais importantes sistemas públicos de abastecimento do Brasil, responsável pelo fornecimento de água de 5,4 a 8,8 milhões de pessoas.

programa. Dado que o programa não aceita propriedades com menos de 2 ha, essas também não foram incluídas no grupo de controle.

Para a avaliação do programa, foi utilizado o sistema de “matching” com escore de propensão. Propriedades de ambos os grupos foram pareadas a partir da probabilidade de tratamento, com base em algumas variáveis como: altitude, tipo de solo, inclinação, área florestal, tamanho da propriedade e números de nascentes de água doce. Dentre as 100 propriedades do grupo de tratamento, 83 foram pareadas com sucesso⁵⁰.

Com base na análise dos dados, constatou-se um aumento na média de mudança líquida de cobertura florestal em fazendas, que foi de 0,43% para 0,98% com a implementação dos programas. Efeito é ainda mais expressivo se comparamos a variação no grupo controle, que foi de 0,38% para 0,01%. O que resultou em uma expansão da cobertura florestal dentre as participantes entre 2,8 e 5,6% em um período de 5 anos.

Em uma ótica diferente, a taxa de mudança líquida em relação a cobertura já existente variou de 4 para 6,68% nos participantes, o que evidencia o efeito positivo do programa, mas também um possível transbordamento, dado que no contrafactual a taxa era de 3,52 e foi para -4,98 no pós-programa.⁵¹

Os programas também geraram efeitos satisfatórios com a redução da perda de florestas e regeneração vegetal inicial, porém, estes não foram significativos.

O PA e CA foram responsáveis por um total de 37,4ha de regeneração da vegetação nativa nas fazendas cadastradas. No entanto, o efeito é insuficiente na minha ótica, pois, visando atingir a meta de 33% de cobertura vegetal nos municípios por meio do PA e CA, isso levaria aproximadamente 180 anos⁵².

A partir da pesquisa, os autores identificaram alguns desafios para o cumprimento das regulamentações ambientais por parte de agricultores de pequeno e médio porte⁵³, como: os altos custos para o reflorestamento e elevados custos de oportunidade para

⁵⁰ O critério utilizado foi do vizinho mais próximo.

⁵¹ Os autores citam uma possível superestimação dos efeitos do programa, ligadas a falhas na inclusão de dados entre o pré-programa e pós-programa.

⁵² RUGGIERO, Patricia et al. Payments for ecosystem services programs in the Brazilian Atlantic Forest: Effective but not enough. In: **Land Use Policy**, 2018.

⁵³ Maior parte das propriedades estudadas.

retirar terras utilizadas em atividades agrícolas, reduzidos com a queda do preço da madeira, o que reduziu os ganhos pela plantação de eucalipto na região⁵⁴.

Acredita-se que por meio dos PSA, houve uma facilitação para o cumprimento dessas exigências ambientais, o que também foi evidenciado em um estudo na Costa Rica, onde a lei que permite os PSA, também proíbe o desmatamento.

Ruggiero et al ressaltam a importância de novas formas de avaliar a adicionalidade nos PSA. Por meio da adicionalidade legal⁵⁵, que avalia os efeitos do programa além do que já exigido por leis e regulações existentes; e a adicionalidade temporal, que se refere a duração dos resultados de conservação ao longo do tempo. A segunda é mais garantida em contratos mais longos, pois a vegetação consegue atingir uma maturidade que é protegida por lei.

Apesar de o programa ter efeitos positivos, creio que poderia ser mais efetivo, com o aumento da duração de contratos, que permitem a persistência de efeitos no longo prazo, além do suporte de “reflorestamento passivo florestal” na identificação de espécies nativas, dado que a regeneração da vegetação deve ser principalmente composta pela flora nativa.

3.7 Questão da Adicionalidade⁵⁶

Projetos voluntários de REDD+ podem ser uma alternativa muito interessante, quando se trata de compensação de carbono, porém muitas questões ainda são debatidas entre especialistas em relação a sua eficácia e potencial de adicionalidade.

Compensações de carbono são calculadas a partir de uma comparação entre a cobertura florestal observada no local de atuação do programa, e a sua respectiva “baseline”, que quando mal estipulada, pode gerar distorções nos efeitos de programas. A linha de base, muitas vezes é superestimada, por questões relacionadas a mudanças

⁵⁴ Agricultores com custos de oportunidade mais baixos têm maior probabilidade de entrarem em programas de PSA.

⁵⁵ Não pode ser aplicado em programas em áreas protegidas, dado que nestes, a adicionalidade legal seria nula, considerando a obrigatoriedade perante a lei de preservar o local.

⁵⁶ Action needed to make carbon offsets from tropical forest conservation work for climate change mitigation. WEST, Thales A. P. et al. Action needed to make carbon offsets from tropical forest conservation work for climate change mitigation. **Cornell University**. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2301/2301.03354.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.

políticas, ou até mesmo de forma oportunista, por aqueles que serão economicamente beneficiados, e buscam uma maximização da venda de “offsets”.

O estudo Pantropical, analisa a eficácia de 26 programas REDD+ voluntários, realizados em 6 países tropicais⁵⁷ Camboja, Colômbia, Congo, República Democrática do Congo, Tanzânia e Zâmbia. Por conta de alguns desses programas serem aplicados em áreas desconexas, a avaliação dessas foi feita de forma individual, aumentando a amostra para 31 regiões. Após a construção dos 31 controles sintéticos (CS), 5 são excluídos por conta de divergências e ajuste ruim, restando 26 áreas para a pesquisa.

O resultado encontrado, após a comparação (individual) com os respectivos contrafactuais, foi que, apenas 23% deles obtiveram reduções adicionais em resultado dos programas, o caso mais positivo foi do Peru, onde metade das regiões obteve sucesso.

A partir da investigação da integridade dos créditos gerados por 18 dos 26 programas, constata-se que a maior parte das compensações geradas não estariam associadas a reduções adicionais de carbono. Sendo 71% originados de programas que não tiveram resultado na comparação com seus CS, e 29% de programas que obtiveram resultado, porém altamente superestimado. Substituindo para as linhas de base geradas a partir das observações reais de desmatamento dos CS, identifica-se um efeito de apenas 5,5 milhões (6,2%) dos 89 milhões contabilizados.

Em novembro de 2021, os 18 programas já teriam emitido 62 milhões de créditos de carbono, sendo que 14,6 milhões (24%) teriam sido utilizados, sendo assim, a quantidade de carbono compensado por esses “offsets” já foi mais de três vezes maior do que o verdadeiro efeito gerado pelo programa. O que mostra que uma superestimação dos efeitos do programa, pode gerar efeitos reversos para o meio ambiente. Nesse caso, pessoas físicas e empresas estão utilizando créditos mal contabilizados, ou seja, estão poluindo/desmatando com uma “falsa compensação”.

⁵⁷ A diversidade de contextos nos quais os programas estão inseridos, permite uma análise capaz de desenvolver “baselines” sobre múltiplas condições de desmatamento.

4 CONCLUSÃO

Após décadas desenvolvendo tecnologias que possibilitam uma produção mais automatizada e em maior escala, visando apenas o crescimento econômico, mas sem muitas preocupações com os impactos ecológicos dessa expansão industrial, a humanidade começa a enfrentar problemas por ela mesmo gerados.

Esses afetem desde os negócios até a saúde humana, com eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes, como o Ciclone Idai, que no ano de 2019 atingiu o Moçambique, Malawi e Zimbábwe, deixando a vida de aproximadamente 3 milhões de pessoas em risco.

A crise climática é possivelmente a principal ameaça existencial à espécie humana. Nações de níveis diversos de desenvolvimento não se encontram ainda aptas a enfrentar os desafios impostos e minimizar os impactos produzidos, dificultando a mudança necessária e global ao equilíbrio ambiental.

Aproximadamente 60% da Floresta Amazônica se encontra no Brasil, tornando o país um dos protagonistas nas pautas sobre “mudanças climáticas”, considerando que a região tem altíssimo potencial para a absorção de carbono. Em contraponto, o Brasil é o maior emissor de gases do efeito estufa dentre os países da América Latina e Caribe, e o maior responsável pelo desmatamento em 2022. Embora essa taxa tenha sido reduzida em 11% em relação à 2021, os dados seguem superando todos os anos entre 2009 e 2020.

Diante do panorama alarmante do desmatamento no país, torna-se vital o desenvolvimento de políticas e mecanismos que possibilitem a neutralização desse problema. Uma alternativa extremamente explorada são os programas ambientais, que podem envolver os PSA⁵⁸, monitoramento, conscientização, suporte para a prática da agroecologia, e combate à pobreza.

Considerando-se os dados coletados pelo trabalho de término de curso aqui apresentado, concluímos dentre muitas informações discutidas ao longo do texto, a presença de aspectos diversos nos atuais programas criados e aplicados no âmbito

⁵⁸ Na maioria das vezes presentes em programas REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal).

brasileiro, em que pôde-se destacar algumas dificuldades e falhas além do êxito esperado, como apontado na tabela a seguir:

Programa Analisado	Pontos negativos/ Falhas	Resultados
Programa Bolsa Floresta	Incentivo à intensificação no uso da terra na região; aumento do desmatamento nas zonas de uso extensivo e fragmentação das áreas abertas.	Queda de 42% nas áreas de roças em florestas primárias entre 2011 e 2015, seguido de sucessiva redução, porém menos acentuada, de 25% entre 2015 e 2019.
Programa Bolsa Verde	Ocorrência de transbordamentos (transferência de desmatamento para regiões vizinhas, não participantes do programa).	Redução de 4,72% na taxa de desmatamento. Ganhos ambientais de em média 6620 dólares por domicílio, valor mais de 10 vezes superior ao benefício pago às famílias.
Programas PA e CA	Os efeitos lentos na regeneração florestal (meta só poderia ser atingida em 180 anos se dependesse apenas do programa), considerado um programa complementar.	37,4 ha de regeneração da vegetação nativa nas fazendas registradas.
Projeto Assentamentos Sustentáveis	Custos elevados (0,84US\$/ Ton de CO ₂) se comparados à um programa similar em Uganda, onde o custo médio foi de 0,46 dólar.	Redução de aproximadamente 639.000 toneladas nos primeiros dois anos de implementação.

Figura 13 - Falhas e Resultados dos Programas.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINDA acontece depois de tantos anos. **WWF Brasil**. Publicado em: 03/02/2005. Disponível em:

https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/amazonia1/ameacas_riscos_amazonia/desmatamento_na_amazonia/#:~:text=Modifica%C3%A7%C3%A3o%20do%20clima%20mundial%20%E2%80%93%20%C3%89,pelas%20%C3%A1rvores%20que%20s%C3%A3o%20fundamentais. Acesso em: 29 ago. 2022.

AMBRÓZIO, Antônio Marcos. **Mecanismos de compensação (offsets) de carbono**. abr. / 2022.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Decreto Federal n. 84.017, de 21 de setembro de 1979. **Aprova o Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros**. Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/parnaguimaraes/images/stories/legislacao/decreto_federal_1979_84017.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

BRASIL. Serviços de Informações do Brasil. **Inscrever Imóvel Rural no Cadastro Ambiental Rural (CAR)**. Publicado em: 5 jan. 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/pt-br/servicos/inscrever-imovel-rural-no-cadastro-ambiental-rural-car#:~:text=O%20Cadastro%20Ambiental%20Rural%20%E2%80%93%20CAR,econ%C3%B4mico%20e%20combate%20ao%20desmatamento>. Acesso em: 4 maio 2023.

CISNEROS, Elías et al.. Impacts of conservation incentives in protected areas: The case of Bolsa Floresta, Brazil. World Bank. **Environment, Natural Resources & Blue Economy**, PES Learning Paper, 2019, nov. 2019. Disponível em:

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/963101576773519234/pdf/Impacts-of-Conservation-Incentives-in-Protected-Areas-The-Case-of-Bolsa-Floresta-Brazil.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.

FACCIN, Felipe. **Impactos das metas do Acordo de Paris sobre a economia brasileira**: uma abordagem de equilíbrio geral computável. São Paulo, 2019. 58 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2019. Disponível em:

<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/28071?show=full>. Acesso em: 02 maio 2023.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Estudo FIESP: Mudança do clima – avaliação dos reflexos das metas de redução de emissões sobre a economia e a indústria brasileira. **Federação das Indústrias do Estado de São Paulo**. Publicado em: mar. 2017. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/mudanca-do-clima-avaliacao-dos-reflexos-das-metas-de-reducao-de-emissoes-sobre-a-economia-e-a-industria-brasileira/>. Acesso em: 03 maio 2023.

FOOD and agriculture organization of the United Nations. Global Forest Resources Assessment 2010. Main report. **FAO Forestry Paper**, n. 163, Rome, 2010. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i1757e/i1757e.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.

GARCIA, Alix et al.. Payment for Ecosystem Services from Forests. **Econstor**. Publicado em: maio 2014. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/99019/1/dp8179.pdf>. Acesso em: 2 out. 2022.

JAYACHANDRAN, Seema et al.. **Cash for carbon**: A randomized trial of payments for ecosystem services to reduce deforestation, 2017.

LÉLIS, Eliacy Cavalcanti; GARCIA, Suelen Martinez. A participação do Brasil no protocolo de Kyoto. **XIII SIMPEP**, Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de novembro de 2006. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/982.pdf. Acesso em: 28 set. 2022.

MAFRA, Erich. Mercado de carbono: entenda o passo a passo de sua construção. **Forbes Agro**. Publicado em: 15 jun. 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/06/mercado-de-carbono-entenda-como-ele-foi-construido/>. Acesso em: 05 out. 2022.

MORAES, Jorge Luiz Amaral de. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como Instrumento de Política de Desenvolvimento Sustentável dos Territórios Rurais: O Projeto Protetor das Águas de Vera Cruz, RS. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 43-56, jan./jun. 2012. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/download/15497/13794/26246>. Acesso em: 27 abr. 2023.

NARASSIMHAN, Easwaran et al.. Carbon pricing in practice: a review of existing emissions trading systems. **Climate Policy**, v. 18, n. 8, 2018, p. 967-991. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14693062.2018.1467827>. Acesso em: 30 abr. 2023.

NDMI (Índice de Umidade de Diferença Normalizada). **EOS Data Analytics**. Disponível em: <https://eos.com/pt/make-an-analysis/ndmi/#:~:text=O%20%C3%8Dndice%20de%20Umidade%20de,do%20estresse%20h%C3%ADrico%20nas%20culturas>. Acesso em: 1 maio 2023.

NICHOLS, Liz. Payment for ecosystem services programs in the Brazilian Atlantic Forest: Effective but not enough. **Academia.edu**. Publicado em: 2018. Disponível em: https://www.academia.edu/38020719/Payment_for_ecosystem_services_programs_in_the_Brazilian_Atlantic_Forest_Effective_but_not_enough. Acesso em: 22 maio 2023.

OPORTUNIDADES para o Brasil em mercados de carbono. Fact Sheet 2021. **ICC Brasil**. Disponível em: https://www.iccbrasil.org/media/uploads/2021/09/28/fact_sheet_opportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono_icc-brasil-e-waycarbon.pdf. Acesso em: 23 maio 2023.

PASSARINHO, Nathalia. COP26: Na contramão do mundo, Brasil teve aumento de emissões de CO2 em ano de pandemia. **BBC News Brasil**. Publicado em: 28 out. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59065361>. Acesso em: 27 maio 2023.

RAJI, Khalid. Global Deforestation in 2022: Can the World Reach the Global Deforestation Pledge?. **Earth.org**. Publicado em: 2 fev. 2023. Disponível em: <https://earth.org/global-deforestation-2022/>. Acesso em: 27 maio 2023.

ROBAINA, Eduardo. Eunice Foote, a feminista pioneira da ciência climática. **Clima Info**. Publicado em: 4 out. 2021. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2021/10/04/eunice-foote-feminista-pioneira-clima/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

RUANO, Eduardo. A Era da Liquidez. **La Parola**. Publicado em: 13 ago. 2015. Disponível em: <https://laparola.com.br/a-era-da-liquidez-consumo-liquido>. Acesso em: 04 out. 2022.

RUGGIERO, Patricia et al.. Payments for ecosystem services programs in the Brazilian Atlantic Forest: Effective but not enough. In: **Land Use Policy**, 2018.

SANTOS, Franciele Lausch dos; SILVANO, Renato Azevedo Matias. Aplicabilidade, potenciais e desafios dos Pagamentos por Serviços Ambientais para conservação da água no sul do Brasil. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 38, p. 481-498, ago. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/download/43640/29135>. Acesso em: 9 abr. 2023.

SCHMALENSEE, Richard; STAVINS, Robert N. Lessons Learned from Three Decades of Experience with Cap-and-Trade. Discussion Paper. **Review of Environmental Economics and Policy**, nov. 2015, RFF DP 15-51. Disponível em: <https://media.rff.org/archive/files/document/file/RFF-DP-15-51.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2023.

SILVA, Romero Gomes Pereira da et al.. Land use dynamics under the Bolsa Floresta Program: a case study of the Uatumã Sustainable Development Reserve (Amazonas, Brazil). **Acta Amazonica**, 51(4): 370-381, dec. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357141270_Land_use_dynamics_under_the_Bolsa_Floresta_Program_a_case_study_of_the_Uatuma_Sustainable_Development_Reserve_Amazonas_Brazil/link/61c12eebfd2cbd7200b62e62/download. Acesso em: 28 abr. 2023.

SIMONET, Gabriela et al.. Effectiveness of a Redd1 Project in Reducing Deforestation in the Brazilian Amazon. **Amer. J. Agr. Econ.**, 101(1): 211–229. 18 jun. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1093/ajae/aay028>. Acesso em: 13 maio 2023.

TEIXEIRA, Sérgio. O dilema cripto dos créditos de CO2. **Capital Reset**. Publicado em: <https://www.capitalreset.com/o-dilema-cripto-dos-creditos-de-co2/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

THE WORLD BANK. Publication: State and Trends of Carbon Pricing 2022. **Open Knowledge**. Publicado em: 24 maio 2022. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37455#:~:text=Non%2Denergy%20prices%20are%20expected,than%2040%20percent%20this%20year>. Acesso em: 03 nov. 2022.

TREATMENT, Matching and DID. **Miami University**. Disponível em: https://www.fsb.miamioh.edu/lij14/411_treatment.pdf. Acesso em: 29 maio 2023.

VARGAS, Daniel Barcelos; DELAZERI, Linda Márcia Mendes; FERRERA, Vinícius Hector Pires. O avanço do mercado voluntário de carbono no Brasil: desafios estruturais, técnicos e científicos. **Fundação Getúlio Vargas**. Publicado em: maio 2022. Disponível em: https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/mercado_de_carbono_2.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

VIOLA, Eduardo. Brasil e o Protocolo de Kyoto. **Ambiente Brasil**. Publicado em: 1 maio 2002. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/gestao/artigos/brasil_e_o_protocolo_de_kyoto.html. Acesso em: 06 out. 2022.

VIRI, Natalia. Mercado voluntário de carbono bateu US\$ 2 bi em 2021. **Capital Reset**. Publicado em: 4 ago. 2022. Disponível em: <https://www.capitalreset.com/mercado-voluntario-de-carbono-bateu-us-2-bi-em-2021/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

WEST, Thales A. P. et al.. Action needed to make carbon offsets from tropical forest conservation work for climate change mitigation. **Cornell University**. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2301/2301.03354.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.

WONG, Po Yin et al.. Pay for Performance and Deforestation: Evidence from Brazil. **Cornell University**. Publicado em: out. 2018. Disponível em: http://barrett.dyson.cornell.edu/NEUDC/paper_366.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

WUNDER, S.; ENGEL, S.; PAGIOLA, S. **Taking stock**: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. abr. / 2008.

YANG, Wu; LU, Qiaoling. Integrated evaluation of payments for ecosystem services programs in China: a systematic review. **Ecosystem Health and Sustainability**, v. 4, I. 3, Article ID: 1459867, 8 abr. 2018. Disponível em: <https://spj.science.org/doi/10.1080/20964129.2018.1459867>. Acesso em: 28 jun. 2023.

ZANFER, Gustavo. Entenda o Acordo de Paris, assinado por 196 países e discutido na COP27. **CNN**. Publicado em: 9 nov. 2022. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/entenda-o-acordo-de-paris-assinado-por-196-paises-e-discutido-na-cop27/>. Acesso em: 06 nov. 2022.

ZHOU, Ting et al.. Impact evaluation of a payments for ecosystem services program on vegetation quantity and quality restoration in Inner Mongolia. **Journal of Environmental Management**, v. 303, 1 feb. 2022, 114113. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721021757>. Acesso em: 28 jun. 2023.