

Instrumentos fiscais de sustentabilidade: créditos ambientais vinculados ao IVA nas cadeias agroindustriais

“Fiscal instruments for sustainability: environmental credits linked to VAT in agribusiness supply chains”

Luís Eduardo Pacifici Rangel

Ministério da Agricultura e Pecuária; Universidade de Brasília. Brasília, DF, Brasil

Gustavo de Souza de Oliveira Victorio

Secretaria de Estado da Fazenda do Maranhão

Jorge Madeira Nogueira

Universidade de Brasília. Brasília, DF, Brasil

Ricardo Carmona

Universidade de Brasília. Brasília, DF, Brasil

GT11 – Elaboração e análise de política para agropecuária

Resumo: O artigo propõe um modelo de tributação verde integrado ao novo IVA dual brasileiro (CBS/IBS), no qual parte da CBS seria devolvida às agroindústrias conforme o desempenho ambiental auditado de suas cadeias produtivas. Inspirado no ICMS Ecológico e no Programa Mais Leite Saudável, o mecanismo usa a extrafiscalidade para induzir práticas sustentáveis por meio de um “cashback ambiental” baseado em métricas objetivas, como o excedente de vegetação nativa. Por meio de um modelo dinâmico de equações diferenciais, o estudo demonstra que o sistema é fiscalmente neutro quando o controle tributário supera o crescimento autônomo do crédito, garantindo estabilidade. A devolução é *ex post*, limitada e com retornos marginais decrescentes, reduzindo riscos fiscais. Simulações mostram redução proporcional da alíquota efetiva conforme maior sustentabilidade comprovada. Conclui-se que o modelo concilia eficiência ambiental, rastreabilidade e disciplina fiscal, oferecendo um instrumento robusto para alinhar o agro brasileiro às metas climáticas e ao mercado de carbono.

Palavras-chave: Tributação Verde; Sustentabilidade; Crédito Fiscal

Abstract: The article proposes a green taxation model within Brazil’s new dual VAT (CBS/IBS), in which part of the CBS is reimbursed to agribusiness firms according to audited environmental performance along their supply chains. Drawing on instruments such as the Ecological ICMS and the Mais Leite Saudável Program, the mechanism uses extrafiscal incentives to encourage sustainable practices through an environmental “cashback” tied to objective metrics, including surplus native vegetation. A nonlinear dynamic model shows that fiscal neutrality is preserved when the tax burden’s disciplining effect outweighs autonomous credit growth, ensuring stability. The reimbursement is *ex post*, capped, and features diminishing marginal returns, limiting fiscal risk. Simulations indicate proportional reductions in effective CBS rates as environmental performance increases. The study concludes that the model aligns fiscal discipline, sustainability, and carbon-market integration, offering a viable tool to support Brazil’s climate goals.

Keywords: green taxation; sustainability; tax credit

1. Introdução

A transição para uma agropecuária de baixo carbono impõe desafios crescentes de coordenação entre política fiscal, crédito rural e instrumentos de incentivo ambiental. No



Brasil, a Reforma Tributária introduzida pela Emenda Constitucional n.º 132/2023 cria o imposto sobre valor agregado (IVA) dual, composto pelo imposto sobre bens e serviços (IBS) e pela contribuição sobre bens e serviços (CBS). Essa reorganização amplia o espaço para o uso de instrumentos extrafiscais voltados à indução de comportamentos ambientalmente desejáveis, vinculada à devolução condicionada de tributos indiretos, compatíveis com os princípios da neutralidade e da não cumulatividade.

A devolução proporcional de tributos —análoga a um *cashback* fiscal— para empresas que comprovem desempenho ambiental ao longo de suas cadeias produtivas pode gerar resultados ampliados, principalmente relacionados à rastreabilidade ambiental e às metas climáticas globais. Experiências consolidadas da política pública brasileira, em especial o ICMS Ecológico e o Programa Mais Leite Saudável (PMLS), demonstram o potencial dessa política pública no novo cenário tributário nacional.

O objetivo deste artigo é avaliar a viabilidade técnica, fiscal e ambiental de um modelo de tributação extrafiscal que, no âmbito da CBS, condicione a restituição parcial do imposto ao desempenho ambiental auditado das cadeias agroindustriais, estimulando investimentos comprováveis em práticas sustentáveis capazes de reduzir emissões, ampliar a conservação ambiental e elevar a rastreabilidade ao longo de toda a cadeia de valor.

2. Revisão da literatura

A efetividade dos instrumentos fiscais na indução de comportamentos ambientalmente desejáveis pode ensejar o uso do modelo pigouviano clássico, ou seja, a imposição de tributos sobre externalidades negativas (Pigou, 1920; Nusdeo, 2005), ou incentivos fiscais condicionados ao desempenho sustentável — como créditos presumidos ou devoluções regressivas — podem operar como “subvenções pigouvianas”, internalizando externalidades positivas em contextos regulatórios mais restritivos (Fullerton; Wolverton, 2005).

A internalização dos impactos ambientais da agricultura por meio de políticas públicas exige a integração entre tecnologias verdes, governança ambiental eficiente e mecanismos de precificação da pegada de carbono, visando à transição ecológica do setor agrícola (Cui et al., 2024). Existe correlação positiva entre produtividade da terra e políticas ambientais bem

desenhadas, especialmente quando combinam incentivos fiscais, instrumentos tecnológicos e sistemas eficientes de monitoramento (Gómez et al., 2024). Políticas públicas bem calibradas tendem a elevar a eficiência produtiva e acelerar a mitigação de emissões, sobretudo quando exploram sinergias e mecanismos de precificação de carbono (Karakaya et al., 2024).

Embora impostos sobre carbono apresentem vantagens em termos de simplicidade administrativa e previsibilidade de preços, sistemas de licenças negociáveis tendem a oferecer maior controle sobre o volume total de emissões. A escolha entre os dois modelos deve envolver fatores como complexidade institucional, aceitação política e capacidade de fiscalização. Imposto ambiental com devoluções condicionadas, situa-se em um ponto intermediário entre eficiência ambiental e viabilidade institucional, especialmente em economias emergentes (Parry et al. 2022).

A extrafiscalidade tributária é um princípio fundamental que sustenta o uso de instrumentos fiscais com finalidades além da arrecadação, especialmente para induzir comportamentos sociais, econômicos ou ambientais desejáveis. Constitui uma faceta do poder de tributar que visa à realização de objetivos de política pública, como a proteção ambiental, por meio de incentivos ou desincentivos fiscais (Carrasco et al., 2016; Loureiro et al., 2021; Amaral et al., 2022).

No âmbito das cadeias produtivas, o conceito de sustentabilidade rastreável — que abrange emissões e impactos indiretos ao longo da cadeia de suprimentos — tem ganhado destaque nos estudos de gestão ambiental e contabilidade verde. Empresas têm buscado integrar métricas de aferição aos seus sistemas de *compliance* (ESG), valorizando fornecedores que implementam práticas regenerativas e de baixo carbono. Esse movimento tem implicações diretas sobre o desenho de políticas públicas, que devem alinhar instrumentos fiscais a padrões de rastreabilidade e certificação ambiental (Kruschwitz et a., 2019; Gri, 2021).

A experiência da Espanha com a implementação de um imposto sobre carbono mostra que, mesmo em cenários sem coordenação internacional, é possível estruturar políticas eficazes com ajustes de fronteira e redistribuição de receitas para compensar os efeitos adversos (Estrada et al., 2021). No Brasil, o debate sobre a tributação verde avançou no campo

doutrinário em que modelos inspirados no ICMS Ecológico adaptaram o sistema tributário nacional à agenda climática e de sustentabilidade (Oliveira et al., 2021).

No campo das emissões corporativas, o Protocolo de Gases de Efeito Estufa (GHG Protocol) introduziu uma estrutura padronizada para mensuração e reporte das emissões. A categoria conhecida como Escopo 3 representa as emissões indiretas que ocorrem na cadeia de valor da empresa, tanto a montante quanto a jusante. Essas emissões são, frequentemente, as mais difíceis de quantificar, mas também as mais relevantes em termos de pegada de carbono setorial, especialmente na agroindústria e nas cadeias logísticas globais (Aggarwal et al., 2024).

A internalização das emissões de toda a cadeia produtiva nos instrumentos fiscais representa uma inovação institucional com grande potencial transformador. Incorporar riscos fiscais derivados das emissões indiretas pode orientar decisões estratégicas de investimento, induzindo cadeias produtivas a adotarem práticas de menor impacto ambiental (Sampaio et al., 2025). Além disso, o uso de tributos sobre valor agregado com alíquotas moduladas por critérios ambientais permitiria sinalizações econômicas consistentes ao longo de toda a cadeia de fornecimento, viabilizando mecanismos extrafiscais altamente eficazes (Pohl et al., 2024; Nakamya, 2025).

Instrumentos de “tributação positiva”, como devoluções condicionadas ou bônus fiscais por desempenho sustentável, vêm sendo testados em países como Canadá, Alemanha e Chile, segundo levantamento da OECD (2022). Esses modelos se baseiam na premissa de que o estímulo à sustentabilidade pode ser mais eficaz quando operado como um regime de crédito ou reembolso tributário atrelado a indicadores objetivos, em vez de subsídios diretos.

A tributação ambiental no Brasil ainda carece de efetividade na indução de práticas sustentáveis por meio de mecanismos fiscais sistematizados. Conforme observado em pesquisa recente, *“o sistema tributário nacional pouco dialoga com os compromissos ambientais firmados pelo Brasil, e a ausência de critérios ecológicos na estrutura das alíquotas evidencia um vazio regulatório”* (Madureira et al., 2024).

O ICMS Ecológico, adotado por mais de 20 estados brasileiros, é um exemplo consolidado de instrumento tributário ambiental com base em critérios de desempenho. Esse mecanismo fortaleceu a governança ambiental municipal ao vincular repasses do imposto



estadual a indicadores como cobertura vegetal, áreas protegidas e gestão de resíduos sólidos (Ribeiro et al., 2019). A efetividade do instrumento depende da qualidade dos critérios de avaliação e da capacidade dos municípios em estruturar políticas de conservação compatíveis com os indicadores exigidos (Bonfim et al., 2021; Ruggiero et al. 2022).

Outra referência importante é o PMLS, que vincula a devolução de créditos presumidos de PIS/COFINS a investimentos comprovados em assistência técnica e melhoria da produção de leite por parte de laticínios. A auditoria da CGU (2019) identificou que, entre 2015 e 2019, o programa aprovou mais de 600 projetos com impacto positivo sobre cerca de 60 mil produtores rurais. O sucesso do PMLS deve-se à exigência de comprovação técnica, ao monitoramento de metas e à articulação entre Receita Federal e MAPA. Essas características fazem do programa uma referência direta para a estruturação de novos modelos tributários condicionados à sustentabilidade (Oliveira et al., 2023).

No caso específico de benefícios tributários condicionados, regimes com contrapartidas bem definidas apresentam maior eficiência alocativa e menor risco de captura regulatória (Araújo et al., 2023). O modelo do PMLS, por exemplo, mostra que cada R\$ 1 devolvido sob a forma de crédito presumido foi acompanhado por contrapartidas médias de R\$ 1,23 em investimentos rastreáveis pelas indústrias beneficiadas (CGU, 2023).

A implementação de um imposto de carbono no Brasil poderia ter um forte impacto regressivo, especialmente sobre as famílias de baixa renda, ainda que apresente elevada eficácia ambiental. Por incidir sobre o processo produtivo e a comercialização, essa forma de tributação recai sobre o consumo e a produção, e não diretamente sobre renda ou patrimônio. Mecanismos de devolução condicionada que visem à mitigação dos efeitos regressivos de políticas ambientais e à ampliação de sua aceitação social e política poderiam ser uma alternativa equilibrada (Christofolletti et al., 2021).

3. Metodologia

Este estudo adota uma abordagem analítico-formal, combinando modelagem conceitual e simulação dinâmica para avaliar a viabilidade de um regime tributário extrafiscal condicionado ao desempenho ambiental em cadeias agroindustriais. A metodologia estrutura-se em três etapas complementares: (i) definição da arquitetura conceitual do mecanismo de



incentivo; (ii) formalização econômica por meio de um sistema dinâmico de equações diferenciais não lineares; e (iii) parametrização do modelo com base em evidências empíricas extraídas de políticas públicas brasileiras voltadas à sustentabilidade.

3.1 Estrutura conceitual do modelo

O modelo parte do arcabouço teórico da extrafiscalidade tributária e da neutralidade do imposto sobre valor agregado, incorporando a dimensão de sustentabilidade ao longo das cadeias agroindustriais, conforme diretrizes internacionais de reporte ambiental (GRI, 2021). A hipótese central é a de que a devolução parcial da CBS, condicionada a investimentos ambientais auditáveis realizados pelas agroindústrias junto a seus fornecedores, pode induzir melhorias mensuráveis no desempenho ambiental agregado da cadeia.

A operacionalização do incentivo considera indicadores objetivos de sustentabilidade, tais como o índice de saúde do solo (BioAS) (Mendes, 2021) e a preservação de excedentes de vegetação nativa (EVN) acima do mínimo exigido (Suela, 2023). A agroindústria é modelada como agente intermediário entre política fiscal e produtor rural, assumindo a coordenação dos investimentos em assistência técnica, bioinsumos, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e práticas regenerativas. Em contrapartida ao desempenho ambiental comprovado, a empresa faz jus à restituição proporcional de parte dos tributos indiretos recolhidos.

3.2 Formalização econômica

Para representar a interação dinâmica entre incentivo fiscal e desempenho ambiental, propõe-se um sistema de equações diferenciais não lineares inspirado em modelos de crescimento com interação estratégica entre variáveis econômicas e ambientais.

O sistema é definido como:

$$\frac{dC}{dt} = \alpha C + \rho CS + \beta T$$

$$\frac{dS}{dt} = \theta CS - \lambda S$$

em que:

- $C(t)$ corresponde ao valor total do crédito tributário estimulado (R\$ bilhões);
- $S(t)$ é o índice de sustentabilidade observada (variação do BioAS, e/ou EVN);
- α representa o crescimento autônomo do crédito tributário;
- ρ corresponde ao estímulo do crédito pela melhora da sustentabilidade;
- β representa a redução do crédito por excesso de carga tributária;
- θ corresponde ao impacto do crédito sobre a sustentabilidade dos fornecedores;
- λ representa a degradação natural da sustentabilidade sem estímulos;
- $T = 1,0$ (constante) carga tributária efetiva média assumida.

O sistema permite avaliar trajetórias de equilíbrio, estabilidade local e regimes de política fiscal-ambiental sob diferentes condições iniciais.

3.3 Parametrização e critérios de calibração

Os parâmetros utilizados nas simulações foram calibrados com base em evidências empíricas de políticas públicas brasileiras, incluindo-se o Plano ABC+, o ICMS Ecológico e o PMLS, além de auditorias da Controladoria-Geral da União (CGU). A tabela 1 apresenta os valores iniciais adotados.

Tabela 1. Parâmetros estruturais do modelo dinâmico de simulação

parâmetro	valor inicial	fonte ou justificativa
α	0,01	crescimento histórico de crédito rural verde
ρ	0,05	elasticidade esperada entre crédito e sustentabilidade
β	0,04	inibição do crédito por carga tributária
θ	0,04	impacto do crédito em práticas regenerativas
λ	0,02	erosão natural da sustentabilidade (ex: degradação)

Os valores adotados constituem calibração estrutural compatível com a dinâmica observada nas políticas analisadas, o que permite avaliar a coerência interna, a estabilidade e o comportamento qualitativo do sistema sob diferentes regimes fiscais e ambientais. O objetivo metodológico não consiste em estimar parâmetros econometricamente nesse estágio, mas em examinar as propriedades dinâmicas do mecanismo de incentivo e suas implicações



institucionais. Extensões futuras poderão avançar para estimações empíricas formais com dados regionais ou setoriais, refinando a parametrização aqui utilizada.

4. Análise dos resultados

A política de incentivo tributário ambiental proposta foi modelada sob o princípio da neutralidade fiscal previsto na Emenda Constitucional n.º 132/2023, segundo o qual benefícios tributários devem preservar a integridade da arrecadação no médio prazo. No modelo dinâmico apresentado, o equilíbrio do sistema ocorre quando as variações do crédito tributário e do índice de sustentabilidade convergem para zero:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{dS}{dt} = 0$$

A partir dessa condição, obtêm-se os pontos de equilíbrio:

$$C^* = \frac{\lambda}{\theta} \cdot \left(\frac{\beta T - \alpha}{\rho} \right), S^* = \frac{\beta T - \alpha}{\rho}$$

Os resultados indicam que a existência de equilíbrio interno depende da relação entre o efeito disciplinador da carga tributária sobre o crédito (βT) e o crescimento autônomo do crédito (α). A condição necessária para que o sistema apresente equilíbrio positivo é $\beta T > \alpha$.

A estabilidade do equilíbrio dinâmico pode ser formalmente avaliada por meio do critério de Routh-Hurwitz aplicado à matriz jacobiana do sistema (Yan & Hayakawa, 2022). Quando a condição estrutural de negatividade definida é satisfeita, o equilíbrio torna-se localmente e assintoticamente estável para qualquer conjunto de parâmetros positivos, o que caracteriza convergência robusta para um regime viável.

Do ponto de vista de política pública, esse resultado é relevante porque demonstra que o mecanismo de devolução condicionada da CBS pode operar como instrumento previsível e autocontido. A expansão do benefício fiscal permanece limitada pela condição estrutural $\beta T > \alpha$, preservando a neutralidade fiscal no longo prazo.

O gráfico 1 apresenta o diagrama de fases do sistema, evidenciando diferentes trajetórias dinâmicas a partir de condições iniciais distintas. A trajetória (1) converge suavemente para o ponto de equilíbrio E, o que caracteriza um regime de incentivo calibrado,



no qual crédito tributário e sustentabilidade evoluem de forma coordenada. O ponto E representa o estado estacionário do sistema e, conforme indicado pela análise da matriz jacobiana, sua estabilidade local depende das condições estruturais dos parâmetros.

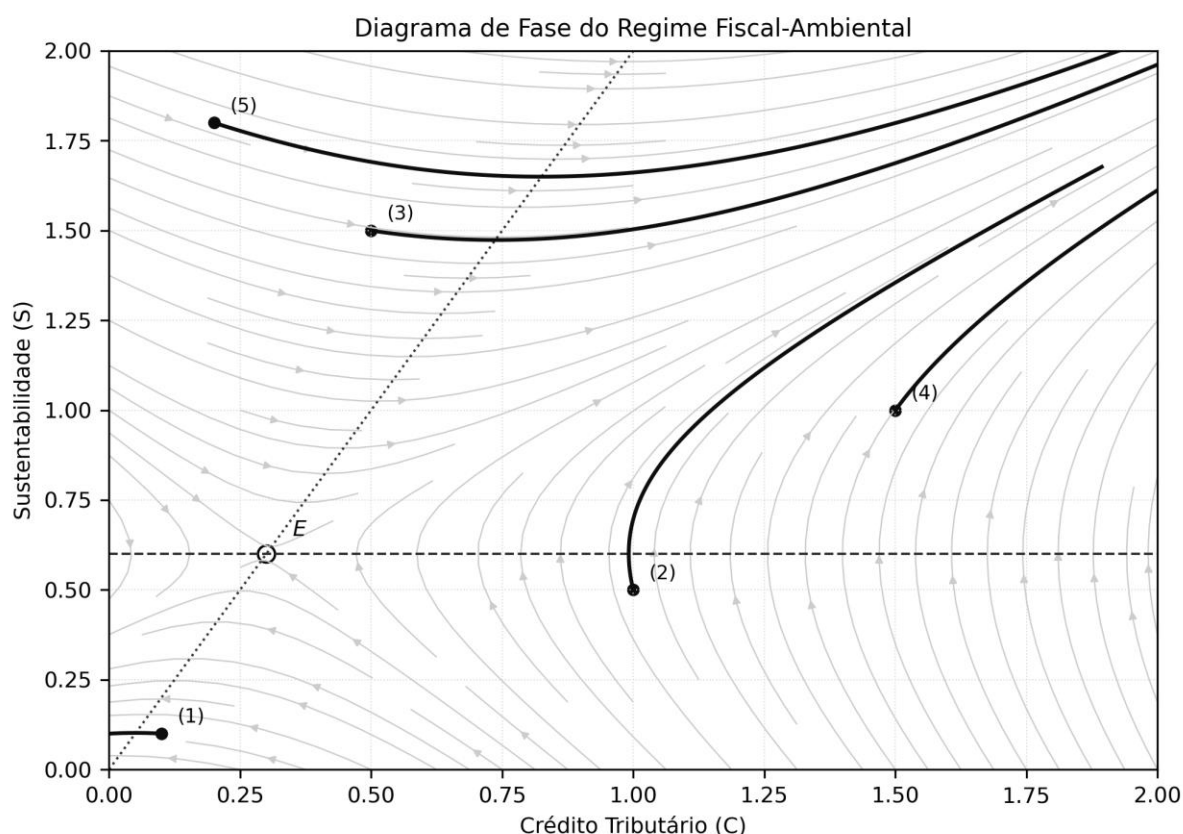


Gráfico 1. Trajetórias dinâmicas do crédito tributário e sustentabilidade sob diferentes regimes de política fiscal-ambiental

A trajetória (2) ilustra um cenário de retirada do incentivo, com redução progressiva da sustentabilidade. As trajetórias (3) e (4) representam regimes de incentivo excessivo, nos quais o crédito se expande de forma desproporcional ao ganho ambiental, o que indica risco fiscal potencial. Por fim, a trajetória (5) evidencia instabilidade associada a políticas intermitentes, com dinâmica menos previsível e afastamento do ponto de equilíbrio.

A análise local do sistema foi realizada por meio da matriz jacobiana associada ao modelo dinâmico. Com os parâmetros adotados, o traço da matriz é negativo ($\text{Tr}(J) < 0$) e o determinante é negativo ($\text{Det}(J) < 0$), o que caracteriza o equilíbrio como ponto de sela. Isso

indica que a convergência ao equilíbrio depende da calibragem adequada entre disciplina fiscal e incentivo ambiental, não sendo automática sob qualquer configuração paramétrica.

Em síntese, o gráfico demonstra que a estabilidade do regime fiscal-ambiental depende da calibragem adequada dos parâmetros e da preservação da condição estrutural, o que reforça a importância de desenho institucional consistente.

A tabela 2 apresenta a classificação dos regimes de política fiscal-ambiental simulados com base no comportamento das variáveis crédito e sustentabilidade. Cada regime reflete um padrão distinto de resposta do sistema, permitindo avaliar a eficácia e os riscos das diferentes configurações tributárias.

Tabela 2. Classificação dos regimes de política fiscal-ambiental segundo o comportamento dinâmico do sistema

regime de política	dinâmica no gráfico	interpretação fiscal-ambiental
incentivo contínuo e responsável	as curvas convergem suavemente para o ponto de equilíbrio	políticas bem calibradas induzem estabilidade ambiental com custo fiscal controlado
incentivo excessivo	as trajetórias divergem ou crescem rápido sem estabilidade	o crédito cresce desproporcionalmente; o sistema sai do controle fiscal
retirada abrupta do incentivo	as curvas colapsam rapidamente, reduzindo C e S	causa queda na sustentabilidade e descontinuidade nas ações ambientais
incentivo cíclico	as curvas apresentam oscilações antes de estabilizar	a política é instável (entra e sai), com impactos ambientais variáveis

Cada regime corresponde a um padrão específico de interação entre crédito tributário e sustentabilidade, que permite avaliar riscos e eficácia das diferentes configurações de incentivo. Regimes calibrados convergem para o equilíbrio com estabilidade fiscal e ambiental; regimes excessivos produzem expansão desproporcional do crédito; cenários de retirada



abrupta reduzem simultaneamente crédito e sustentabilidade; e políticas intermitentes geram oscilações que comprometem previsibilidade institucional.

4.1 Mecanismo de crédito fiscal vinculado ao *score* ambiental realista (SAR)

A operacionalização do modelo ocorre por meio de um crédito presumido recuperável de CBS, inspirado na lógica de contrapartida técnica do PMLS, porém aplicado à sustentabilidade nas cadeias agroindustriais. O benefício fiscal é proporcional ao desempenho ambiental auditado da cadeia produtiva da empresa beneficiária, mensurado por meio do SAR.

A proposta evita redução direta de alíquota — que implicaria alteração estrutural permanente — e adota mecanismo de devolução parcial *ex post*, preservando o princípio da neutralidade fiscal. O valor do crédito é determinado por:

$$Crédito_{fiscal} = Base_{tributavel} \cdot \tau \cdot \delta \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot SAR})$$

em que:

- τ corresponde à alíquota nominal do CBS incidente;
- $\delta \in [0,1]$ representa o fator máximo de devolução autorizado por política pública (ex: 60%);
- $\lambda > 0$ corresponde ao coeficiente de sensibilidade da devolução ao desempenho ambiental;
- $SAR \in [0,1]$ corresponde ao *score* ambiental realista, composto por indicadores auditáveis como o índice BioAS (enzimas β -glicosidase e arilsulfatase), adoção de bioinsumos, manejo regenerativo e rastreabilidade digital da origem.

A função possui propriedades microeconômicas desejáveis: é contínua, crescente e apresenta retornos marginais decrescentes em relação ao SAR, reduzindo risco de captura regulatória e evitando saltos abruptos de benefício fiscal. O teto definido por δ limita a exposição fiscal, enquanto o parâmetro λ permite calibragem setorial do incentivo.

4.2 Simulações e resultados aplicados

Para a operacionalização do modelo, desenvolveu-se uma simulação, mantendo-se os princípios da neutralidade fiscal e da não cumulatividade, o que permitiu calibragem de parâmetros conforme política pública vigente.

Considera-se uma agroindústria com base tributável anual de R\$ 10.000.000, alíquota CBS de 25%, $\delta=0,6$ (limite de 60% de devolução) e $\lambda=3$. O valor de crédito fiscal a ser devolvido conforme o desempenho ambiental (SAR) é demonstrado na tabela 4.

Tabela 4. *Score* ambiental realista (SAR) após simulações do modelo dinâmico

SAR	crédito fiscal devolvido (R\$)
0,00	0,00
0,25	791.451,00
0,50	1.165.305,00
0,75	1.341.902,00
1,00	1.425.319,00

Observa-se comportamento crescente e com retornos marginais decrescentes, o que garante previsibilidade e proporcionalidade do incentivo. O crédito máximo é limitado por δ , preservando-se controle fiscal e evitando-se distorções.

O cálculo do crédito ambiental incorpora dois indicadores principais:

- **excedente de vegetação nativa (EVN):** percentual da propriedade acima da exigência legal conforme o CAR;
- **indicador de saúde do solo (BioAS):** índice (0 a 1) calculado pela Embrapa com base em atributos microbianos e físico-químicos.

A fórmula de cálculo do crédito pode ser definida como:

$$Crédito_{Amb,i} = 0,4 \cdot EVN + 0,6 \cdot BioAS_i$$

A fórmula de composição do crédito ambiental define um escore linear ponderado entre excedente de vegetação nativa (EVN) e indicador de saúde do solo (BioAS), refletindo a

prioridade relativa atribuída à conservação e à qualidade produtiva. Contudo, a aplicação desse escore sobre a alíquota padrão encontra-se sujeita a um limite máximo de 20%, o que atua como mecanismo de restrição fiscal *ex ante*. Esse teto cumpre dupla função: (i) garantir previsibilidade e controle orçamentário, evitando expansão ilimitada do benefício tributário; e (ii) preservar o princípio da neutralidade do IVA, assegurando que a devolução condicionada não descaracterize a estrutura não cumulativa do imposto. Em termos econômicos, o limite funciona como uma fronteira superior de incentivo, impedindo que ganhos marginais adicionais de desempenho ambiental resultem em desproporcional redução da carga tributária e mantendo alinhamento entre eficiência ambiental e disciplina fiscal.

A aplicação do modelo a um conjunto hipotético de agroindústrias resulta nas alíquotas efetivas apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Cálculo da alíquota efetiva sobre o CBS com base em créditos ambientais dos fornecedores agroindustriais

agroindústria	produtores associados	alíquota padrão (%)	média crédito ambiental	alíquota efetiva (%)	redução (%)
X	B, D	26,5	0,197	21,3	19,7
Y	A, C	26,5	0,193	21,4	19,3

A relação inversa entre o escore ambiental médio e a alíquota efetiva evidencia a lógica progressiva do mecanismo. Pequenas variações no desempenho ambiental resultam em ajustes proporcionais e contínuos na carga tributária, o que evita descontinuidades fiscais. Essa suavidade reflete o caráter marginal do incentivo, no qual o benefício tributário cresce de forma monotônica e controlada à medida que o desempenho ambiental melhora, preservando a previsibilidade e a neutralidade estrutural do sistema.

O gráfico 2 ilustra o comportamento do imposto devido em função do SAR, considerada a base tributável de R\$ 10 milhões. Observa-se redução progressiva da carga tributária à medida que o desempenho ambiental aumenta, com curva suavemente decrescente devido à forma exponencial do incentivo.

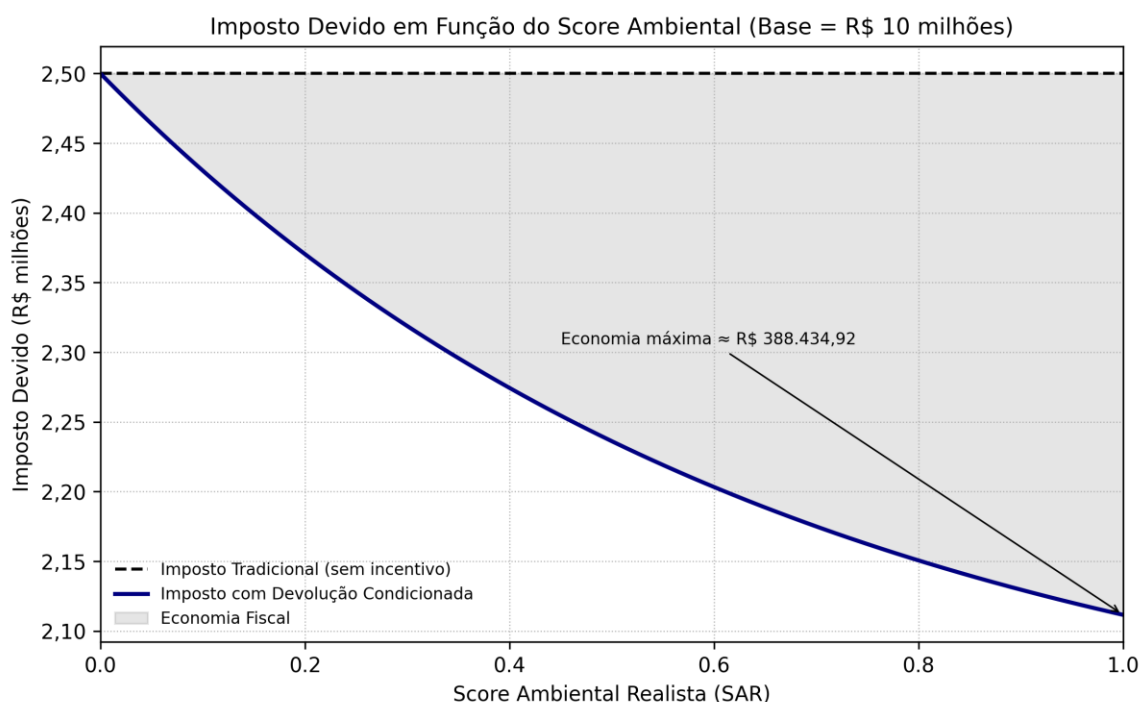


Gráfico 2. Estimativa da devolução fiscal por sustentabilidade com base na progressão do SAR

Ao evoluir de SAR = 0 para SAR = 1, a economia fiscal atinge aproximadamente R\$ 388.434,92, o que corresponde a 3,88% da base tributável considerada (R\$ 10 milhões) e a cerca de 15,5% do imposto originalmente devido. Essa redução não decorre de alteração estrutural da alíquota nominal da CBS, mas de mecanismo de devolução condicionada *ex post*, vinculado ao desempenho ambiental mensurado. Preserva-se, assim, a lógica do IVA dual, mantendo-se a não cumulatividade e a neutralidade sistêmica do tributo, ao mesmo tempo em que se introduz um componente extrafiscal proporcional e limitado por teto previamente definido.

A função de devolução fiscal assume forma análoga a uma fronteira tecnológica do tipo exponencial negativa, semelhante às funções empregadas em modelos de fronteira estocástica. O SAR representa o grau de eficiência ambiental do agente, ao passo que o teto de devolução define a fronteira máxima de incentivo. A concavidade da função garante retornos marginais decrescentes, evitando expansão fiscal desproporcional e incentivando convergência progressiva ao desempenho ótimo.



A área entre as curvas representa um incentivo fiscal explícito e mensurável, compatível com os princípios da extrafiscalidade previstos no ordenamento jurídico brasileiro (Sabbag, 2021). Trata-se de um modelo de incidência pigouviana inversa, no qual o contribuinte é estimulado a internalizar benefícios ambientais de sua cadeia produtiva por meio de comprovação auditável de resultado.

5. Considerações finais

Os resultados deste estudo demonstram a viabilidade de se implementar um regime de devolução condicionada do CBS vinculado ao desempenho ambiental nas cadeias agroindustriais. O modelo proposto mostra que a extrafiscalidade pode ser incorporada ao IVA dual sem comprometer sua neutralidade, desde que a devolução seja limitada, auditável e proporcional a métricas ambientais objetivas. A função baseada no SAR assegura progressividade e previsibilidade, o que evita riscos de captura regulatória.

A análise dinâmica evidencia que, quando mantida a condição estrutural — em que o efeito disciplinador da carga tributária supera o crescimento autônomo do crédito —, o sistema converge para um equilíbrio estável. Nesse regime, crédito tributário e sustentabilidade evoluem de forma coordenada, o que garante eficiência ambiental sem gerar desequilíbrios fiscais. Por outro lado, políticas excessivas ou descontinuadas tendem a gerar instabilidade e perda de desempenho.

O mecanismo integra disciplina fiscal, indução ambiental e instrumentos de mercado, permitindo ao Estado atuar como indutor de transformação produtiva. Ao alinhar incentivos privados às metas da NDC e às boas práticas da OCDE, promove-se uma realocação estratégica de incentivos sem renúncia permanente de arrecadação. O modelo reforça a internalização indireta de externalidades positivas, fortalecendo a inserção internacional do agro brasileiro em uma trajetória fiscalmente sustentável e ambientalmente responsável.

6. Referências

AGGARWAL, P.; GIURCO, D.; et al. **Scope 3 capital design for carbon-emissions-facilitation tax risk**. Sydney: UTS Institute for Sustainable Futures, 2024.



AMARAL, A. G.; ZOCKUN, C. R. **Tributação verde e justiça ambiental**: possibilidades e limites no ordenamento jurídico brasileiro. *Revista de Direito Ambiental*, v. 27, n. 108, p. 85–104, 2022.

ARAÚJO, R. C.; FERREIRA, M. F. Incentivos fiscais e contrapartidas ambientais: eficiência alocativa e controle institucional. *Revista Brasileira de Economia*, v. 77, n. 1, p. 55–78, 2023.

BONFIM, A. A. et al. O ICMS Ecológico como instrumento de política ambiental e desenvolvimento local. *Revista de Administração Pública*, v. 55, n. 6, p. 1235–1254, 2021.

BRASIL. **Emenda Constitucional n.º 132**, de 20 de dezembro de 2023. Altera o Sistema Tributário Nacional. Brasília, DF, 21 dez. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc132.htm. Acesso em: 08 ago. 2025.

BRASIL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Plano ABC+**: Estratégia Setorial para o Desenvolvimento Sustentável da Agropecuária Brasileira – 2020–2030. Brasília: MAPA, 2023.

CARRASCO, J. C.; FRONZA, E. M.; DE ARAÚJO, S. V. P. **A extrafiscalidade ambiental na tributação brasileira**: uma análise sob a ótica da sustentabilidade. *Revista de Direito Tributário Atual*, v. 35, p. 1–24, 2016.

CGU – CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Relatório de auditoria**: Programa Mais Leite Saudável. Brasília: CGU, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/cgu>. Acesso em: 25 maio 2025.

CHRISTOFOLETTI, R.; PEREDA, P. Winners and losers: the distributional impacts of a carbon tax in Brazil. *Ecological Economics*, v. 183, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106957>

CUI, H. et al. How to get green with agricultural footprint: An integrated policy and technology roadmap. *Journal of Environmental Management*, v. 349, 2024.

ESTRADA, Á.; SANTABÁRBARA, D. **Recycling Carbon Tax Revenues in Spain**: Environmental and Economic Assessment of Selected Green Reforms. Banco de España, Documento de Trabajo n.º 2119, 2021. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3846013>.

FULLERTON, Don; WOLVERTON, Gilbert E. The two-part instrument in a second-best world. *Environmental and Resource Economics*, v. 30, p. 199–219, 2005.

GÓMEZ, C. M. et al. Land productivity and environmental sustainability for G7 countries. *Ecological Indicators*, v. 155, 2024.

GRI – GLOBAL REPORTING INITIATIVE. **Consolidated set of GRI standards 2021**. Amsterdam: GRI, 2021.



KARAKAYA, E. et al. Reduction of green house gases emission: perspectives and policy tools. **Sustainable Development**, v. 32, n. 1, 2024.

KRUSCHWITZ, N.; HAANAES, K. Sustainability, incorporated: integrating ESG into strategy and operations. **MIT Sloan Management Review**, 2019.

LOUREIRO, W. G.; BARRETO, R. A. Extrafiscalidade e tributos indutores: limites jurídicos e oportunidades econômicas. **Revista de Direito Tributário Atual**, n. 58, p. 35–54, 2021.

MADUREIRA, Carolina Pereira; DE OLIVEIRA, Sammira Melo; DANTAS, Sinhara Sthefani Diógenes. Tributação verde no Brasil e análise econômica do direito: entre a extrafiscalidade tributária e políticas fiscais para a proteção ambiental. **Revista Tributária e de Finanças Públicas**, v. 158, 2024.

MENDES, I. de C. et al. Tecnologia BioAS: uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021.
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1133109>

NAKAMYA, Miria et al. An environmental tax to promote and sustain biofuels and climate policy: the potential for a double dividend in agriculture-dependent economies. **Applied Energy**, v. 388, p. 125671, 2025.

NUSDEO, Ana Maria de Oliveira. O uso de instrumentos econômicos nas normas de proteção ambiental. **Revista da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo**, n. 100, p. 271–292, 2005.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environmental tax policy review of Spain: reforming environmentally harmful subsidies**. Paris: OECD Publishing, 2022.

OLIVEIRA, C. A. et al. Tributação verde no Brasil: proposta de incidência extrafiscal de tributos sobre atividades poluentes. **Revista de Direito Tributário da APET**, n. 158, p. 57–78, 2021.

OLIVEIRA, M. R.; DIAS, R. P. Avaliação dos impactos do Programa Mais Leite Saudável sobre a qualidade e a rastreabilidade da produção. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 2, p. 239–260, 2023.

PARRY, I. W. H.; BLACK, S.; ZHUNUSSOVA, K. Carbon taxes or emissions trading systems: instrument choice in global climate policy. **IMF Staff Climate Note**, n. 2022/006, 2022. International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Climate-Notes/Issues/2022/06/09/Carbon-Taxes-or-Emissions-Trading-Systems-Instrument-Choice-in-Global-Climate-Policy-518255>

POHL, M.; WANG, J. Environmental tax reforms in the European Union and their implications for green VAT mechanisms. In: WENDT, C. (Ed.). **Environmental fiscal challenges in a globalized economy**. Cham: Springer, 2024.



RIBEIRO, H. M.; GUERREIRO, R. F. Transferências fiscais e conservação ambiental: uma análise da eficácia do ICMS Ecológico nos municípios mineiros. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 9, n. 1, p. 112–129, 2019.

RUGGIERO, P.; FERRAZ, C.; SENA, A. L. S. The Brazilian intergovernmental fiscal transfer for conservation: A successful but self-limiting incentive program. **Ecological Economics**, v. 191, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107220>

SABBAG, Eduardo de Moraes. **Manual de direito tributário**. 11. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2021.

SAMPAIO, José Adércio Leite. O Preço das emissões: como a tributação do carbono pode equilibrar economia e ambiente? **Revista Direito Tributário Atual**, n. 59, p. 282-306, 2025.

SUELA, Attawan Guerino Locatel. **Análise do excedente de reserva legal**: propostas para reduzir o desmatamento no Brasil. 2023. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/32196>

YAN, Yuyue; HAYAKAWA, Tomohisa. Stability and stabilization of Nash equilibrium for uncertain noncooperative dynamical systems with zero-sum tax/subsidy approach. **IEEE Transactions on Cybernetics**, v. 52, n. 11, p. 11287-11298, 2022.