DOMINÂNCIA DO DÓLAR, HIERARQUIA MONETÁRIA E PRESSÃO ECOLÓGICA: UMA PROPOSTA EMPÍRICA PARA PAÍSES PERIFÉRICOS (2007–2024)

Gabriel Cunha Salomão
Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas, Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: gabrielsalomao@discente.ufg.br

Felipe Nogueira da Cruz
Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas, Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: felipe.cruz@ufg.br

Resumo

Este trabalho investiga em que medida a hierarquia monetária internacional, por meio dos canais da dívida externa e da dominância do dólar no faturamento (*invoicing*) das exportações de *commodities*, intensifica a pressão ecológica em países periféricos no período de 2007 a 2024. A estratégia empírica estima um modelo de painel com efeitos fixos *two-way* e erros-padrão de Driscoll-Kraay, testando a hipótese de que a apreciação do dólar amplia a extração doméstica de materiais, sobretudo em países com maior dependência da exportação de bens primários, menor disponibilidade de crédito interno e maior serviço da dívida externa. Os resultados demonstram que a hipótese é válida e condicionada pela arquitetura financeira nacional: a dívida externa atua como amplificador do choque cambial, enquanto o crédito doméstico desempenha um papel de amortecedor ao viabilizar a intensificação produtiva e conter a expansão da margem extensiva nos setores extrativos. Conclui-se que a transição ecológica na periferia global é indissociável de uma profunda reorganização do sistema monetário e financeiro internacional.

Palavras-chave: hierarquia monetária; dívida externa; troca ecologicamente desigual; extração de materiais; países periféricos.

Abstract

This study examines how the international currency hierarchy, via external debt and the dominance of the dollar in commodity export invoicing, intensifies ecological pressure on peripheral countries between 2007 and 2024. The empirical strategy involves estimating a panel model with two-way fixed effects and Driscoll–Kraay standard errors to test the hypothesis that dollar appreciation increases domestic material extraction, particularly in countries that are more dependent on primary goods exports and have lower domestic credit availability and higher external debt servicing costs. The results show that this hypothesis is valid and is dependent on the national financial architecture: external debt amplifies the impact of exchange rate shocks, while domestic credit plays a buffering role by enabling productive intensification and containing the expansion of the extensive margin in extractive sectors. We conclude that the ecological transition in the global periphery is inseparable from a profound reorganization of the international monetary and financial system.

Keywords*: currency hierarchy; external debt; ecologically unequal exchange; extraction of materials; peripheral countries.*

JEL Classification Codes: E42, Q56, F18, O13

Área 5. Comércio Internacional, Taxa de Câmbio e Desenvolvimento Econômico

1. Introdução

O sistema monetário internacional (SMI) contemporâneo é marcado por uma hierarquia estrutural em que moedas emitidas por economias centrais, como o dólar estadunidense, o euro, a libra esterlina e o iene, gozam de ampla liquidez global, sendo aceitas como meio de pagamento, unidade de conta e reserva de valor em operações transfronteiriças. Na base dessa hierarquia estão as moedas periféricas, que não exercem funções monetárias internacionais, obrigando seus países emissores a acumular reservas em moeda forte e a pagar prêmios de risco elevados para acessar os mercados financeiros globais (De Conti, Prates e Plihon, 2014; Cruz, 2020). Outra consequência mais imediata das assimetrias do SMI é o chamado *original sin*, isto é, a incapacidade das economias menos desenvolvidas de tomar empréstimos no exterior em sua própria moeda (Eichengreen, Hausmann e Panizza, 2007).

O presente trabalho busca analisar de que maneira as implicações da hierarquia monetária internacional transcendem a esfera financeira e alcançam o metabolismo material das nações periféricas.[1] A literatura sobre o tema tem avançado na articulação entre assimetrias monetárias e pressão ecológica, identificando um canal principal de transmissão: o endividamento externo. O serviço da dívida externa em moeda forte constitui uma obrigação permanente que comprime o espaço fiscal e força os países periféricos a gerar superávits comerciais pela expansão da extração de recursos naturais, acelerando o desmatamento e a perda de biodiversidade (Culas, 2006; Shandra *et al*., 2010; Dorninger *et al*., 2021). A própria necessidade de evitar descasamentos cambiais, uma vez que estruturas ativas e passivas podem estar denominadas em moedas diferentes, obriga os agentes econômicos (empresas e governos) a obter divisas por meio da exportação de *commodities* agrícolas, minerais e energéticas. Salah e Ament (2025) revelam que a falta de autonomia monetária obriga as economias menos desenvolvidas a expandirem a extração física de seu meio ambiente para cobrir fardos crescentes de dívida externa determinados pela dinâmica financeira global.

O debate sobre o "ciclo imperial do dólar" mostra que a pressão não opera apenas pela dívida externa. Devido ao uso generalizado do dólar na precificação (*invoicing*) das *commodities* exportadas pela periferia (*dominant currency paradigm*), uma apreciação da moeda estadunidense deprime os preços internacionais desses bens (Akinci *et al*., 2024; Gopinath *et al*., 2020). Para compensar a perda de receita em dólar e continuar honrando seus compromissos externos, os países periféricos veem-se obrigados a expandir o volume físico exportado, minérios, grãos e energia, o que intensifica a pressão sobre florestas, solos e ecossistemas. Sendo o exportador tomador de preços, a margem extensiva –

[1] Embora o metabolismo material abranja o "uso de materiais em uma determinada economia em toda cadeia de fluxo: desde a extração de matéria-prima até a geração de resíduos" (Araújo, Andrade e Souza, 2019, p. 135), o presente estudo foca a atividade extrativa.

mais área e mais extração – torna-se a via de ajuste predominante. Caso não tenha acesso a crédito para investir em intensificação (máquinas, fertilizantes, tecnologia), a firma tende a expandir a área explorada para sustentar o volume exportado, mecanismo documentado em contextos de restrição financeira, inclusive para combustíveis fósseis (Pandey e Wheeler, 2001; Richards, 2012; Mhaka e Kapingura, 2019; Ambya e Hamzah, 2022). A assimetria monetária, assim, não apenas se reflete na subordinação financeira da periferia, mas também reorganiza a distribuição de recursos e poder na economia mundial em sua dimensão biofísica (Corsi *et al*., 2024).

Neste particular, a discussão sobre comércio ecologicamente desigual (CED) oferece uma chave complementar. Hornborg (1998) argumenta que o comércio internacional transfere, de forma assimétrica, recursos biofísicos da periferia para o centro, enquanto os custos ambientais permanecem nos países exportadores. Quando se contabiliza a dívida ecológica não paga, as relações financeiras internacionais entre credores e devedores se mostram, na prática, invertidas: o Norte Global assumindo a posição de devedor ecológico do Sul Global. Dessa forma, o serviço da dívida externa atua como uma engrenagem que obriga a periferia a alimentar a dívida ecológica do centro, sustentando o metabolismo social das nações ricas por meio de uma transferência líquida de riqueza biofísica que nunca é compensada financeiramente.

Em concreto, este artigo investiga se a hierarquia monetária, por meio dos mecanismos da dívida externa e do faturamento do comércio exterior em dólar, intensificou a pressão ecológica sobre países periféricos, medida a partir da extração de materiais, no período 2007-2024. Sua contribuição no avanço do tema reside na identificação dos efeitos relativos aos dois canais aqui considerados, mostrando como a subordinação financeira afeta o metabolismo material de economias fortemente dependentes de setores intensivos em recursos naturais. Para tanto, propõe-se uma estratégia empírica baseada na estimação econométrica de modelos de painel com efeitos fixos *two-way* e erros-padrão robustos de Driscoll-Kraay, testando a hipótese de que a apreciação do dólar amplia a extração doméstica de materiais, sobretudo em países com maior dependência da exportação de *commodities*, menor disponibilidade de crédito interno e maior serviço da dívida externa.

Além desta introdução, o trabalho em tela está organizado em mais quatro seções. A seção 2 apresenta o referencial teórico que articula a hierarquia monetária e o comércio ecologicamente desigual. Em seguida, a seção 3 descreve os dados levantados e a estratégia empírica adotada. Por sua vez, a seção 4 apresenta e analisa os resultados das estimações econométricas. Concluindo, seguem-se as considerações finais do estudo.

2. Referencial teórico

2.1. Hierarquia monetária e vulnerabilidade externa

A hierarquia monetária designa o ranqueamento de moedas conforme sua liquidez internacional, ou seja, a capacidade de serem aceitas como meio de pagamento, unidade de conta e reserva de valor em transações globais (De Conti; Prates; Plihon, 2014). No topo dessa hierarquia estão moedas como o dólar estadunidense – que ocupa a posição central de divisa-chave –, o euro, a libra esterlina, o iene, o dólar canadense, o dólar australiano e o franco suíço (Iancu *et al*., 2022). Na base, encontram-se as moedas periféricas, que não exercem funções monetárias internacionais, cujas implicações refletem-se na menor autonomia da política econômica doméstica (De Conti, Prates e Plihon, 2014; Cruz, 2020).

Conforme argumentam Palludeto e Abouchedid (2016), a hierarquia monetária é uma dimensão adicional da relação centro-periferia que reforça a divisão internacional do trabalho desigual e, por consequência, três tendências principais na periferia (Palma, 2008): desemprego da mão de obra, desequilíbrio externo e deterioração dos termos de troca. A hierarquia monetária, longe de ser um fenômeno meramente espontâneo, é determinada por fatores estruturais e institucionais: o tamanho da economia e sua integração com o mundo; o poder geopolítico; a solidez das instituições domésticas; e a condução de uma política econômica considerada crível pelos agentes internacionais (De Conti, Prates e Plihon, 2014; Palludeto e Abouchedid, 2016).

Nesse contexto, De Conti, Prates e Plihon (2014) introduzem o conceito de "liquidez da divisa" para distinguir as moedas que efetivamente cumprem as funções monetárias no plano internacional daquelas que o fazem apenas no âmbito doméstico. As moedas periféricas, embora líquidas internamente, carecem de liquidez internacional, uma condição estrutural que não pode ser suprida pela mera abertura financeira. Por isso, os títulos emitidos por países periféricos precisam oferecer taxas de juros superiores àquelas praticadas no centro do capitalismo, a fim de compensar os investidores pela iliquidez da divisa (Cruz, 2020).

Ao fim, soma-se a escala pecuniária ao conceito de *original sin*, desenvolvido por Eichengreen, Hausmann e Panizza (2007), que é a incapacidade estrutural dos países periféricos de tomar empréstimos no exterior em sua própria moeda, uma decorrência correlacionada com a sua posição subordinada na hierarquia monetária – embora este último aspecto não seja explicitamente abordado pelos formuladores do conceito. Essa impossibilidade força os devedores do Sul Global a contrair dívidas denominadas em moeda forte (predominantemente o dólar), gerando um descasamento cambial (*currency mismatch*) nos balanços público e privado, já que os passivos são indexados à moeda estrangeira, enquanto os ativos e a capacidade de geração de receitas permanecem em moeda doméstica. Quando ocorre uma depreciação cambial, o valor real da dívida em moeda local

dispara, levando a crises de solvência generalizadas, como exemplificado pelas crises financeiras que abalaram os mercados periféricos nos anos 1990.

Embora a globalização financeira a partir dos anos 1990 tenha permitido a alguns países emergentes reduzir parcialmente esse descasamento no setor público, o problema persiste no setor privado, que continua exposto a perdas em momentos de estresse financeiro global, enquanto o Tesouro público pode sofrer com o aumento do risco-país e com a expectativa de socorro (*bailout*) a grandes bancos ou empresas (Paula, Fritz e Prates, 2026).[2] Constrói-se assim, um fenômeno internacional penalizador àqueles ao Sul do centro financeiro global.

Mais especificamente, no período pós-crise financeira global do final da década de 2000, vários países emergentes conseguiram emitir passivos externos denominados em suas próprias moedas, como é o caso do Brasil. No entanto, esses passivos apresentam prazos de vencimento muito curtos, o que facilita sua revenda durante a fase descendente do ciclo financeiro internacional. Devido à sua vulnerabilidade aos fluxos de capital especulativo, as moedas desses países estão sujeitas a frequentes pressões cambiais decorrentes da própria necessidade dos investidores estrangeiros de vendê-las para adquirir a moeda de financiamento, o que acaba por corroer, a longo prazo, seu prêmio de liquidez (Kaltenbrunner, 2015). Ao restringir-se ao "investimento de curto prazo", essa forma subordinada de internacionalização monetária contribui para reproduzir a própria hierarquia monetária (Orsi, 2019). Enquanto as moedas centrais são capazes de desempenhar o papel de investimento no longo prazo, as moedas periféricas — que ocasionalmente apresentam baixos níveis de inflação e maior estabilidade cambial, além de serem respaldadas por uma abertura da conta de capital que amplia sua liquidez de mercado — só conseguem desempenhar esse papel por um período breve. De fato, as saídas maciças de capital observadas nos países emergentes no início da pandemia da COVID-19 revelaram essa dinâmica (Paula, Fritz e Prates, 2026).

2.2. Comércio ecologicamente desigual

O conceito de comércio ecologicamente desigual (CED) emerge da convergência entre a teoria do intercâmbio desigual, oriunda da tradição marxista e da teoria da dependência, e a Economia Ecológica, particularmente em sua vertente preocupada com os fluxos biofísicos do comércio internacional (Hornborg, 1998). O CED designa a transferência líquida assimétrica de recursos biofísicos, materiais, energia, terra e trabalho, dos países periféricos para os centrais, ocultada pela aparente reciprocidade dos preços de mercado (Dorninger *et al*., 2021).

[2] Na literatura recente, esse novo padrão de vulnerabilidade tem sido denominado original sin redux (Paula; Fritz; Prates, 2026).

A base teórica do CED está fundada em três pilares interrelacionados: (*i*) a Segunda Lei da Termodinâmica, que diz que à medida que um produto avança na cadeia produtiva, sua energia disponível diminui, enquanto seu valor de mercado aumenta (Hornborg, 1998); (*ii*) a divisão internacional do trabalho, herdada do colonialismo, que confina a periferia a posições subalternas nas cadeias globais de valor; e (*iii*) a necessidade de gerar divisas para honrar dívidas externas, que comprime os preços das exportações periféricas e força a expansão da fronteira extrativista (Muradian e Martínez-Alier, 2001).

Esse arcabouço converge com a hipótese da "maldição dos recursos", segundo a qual países abundantes em recursos naturais e com elevada participação de exportações primárias frequentemente experimentam retrocessos no desenvolvimento (Sachs e Warner, 1995; Papyrakis e Gerlagh, 2004). Também se articula com o conceito de dívida ecológica: se os custos ambientais e sociais não pagos fossem contabilizados, a dívida financeira do Sul Global poderia ser considerada já quitada, uma vez que o Norte acumulou uma dívida ecológica ao longo de décadas de CED (Martínez-Alier, 2001). A assimetria reside no fato de que a dívida ecológica jamais foi mensurada em termos monetários, enquanto a dívida financeira o é, por ser expressa na unidade de conta universal dos mercados (Peinado *et al*., 2019).

A compensação monetária por unidade de biodiversidade perdida é maior para os países centrais. Países de alta renda dependem de transferências líquidas anuais de recursos biofísicos da periferia, e o valor agregado por tonelada de exportação é onze vezes maior em países de alta renda do que nos de menor renda (Dorninger *et al*., 2021), revelando que o poder de barganha e a liquidez da moeda determinam quem paga e quem recebe pelos danos ecológicos do comércio. Em conjunto, esses estudos indicam que o CED não é um fenômeno residual ou acidental, mas um mecanismo estrutural do capitalismo global que reproduz e aprofunda as assimetrias entre centro e periferia, com implicações diretas para a sustentabilidade e a justiça ambiental.

2.3. Canais de transmissão da hierarquia monetária sobre a pressão ecológica na periferia: dívida externa e faturamento (*invoicing*) comercial em dólar

A posição subordinada das moedas periféricas no SMI impõe uma restrição estrutural que transcende a esfera financeira. Por não possuírem liquidez internacional, essas moedas são incapazes de atrair investimentos estrangeiros de longo prazo ou de viabilizar a emissão de dívida externa em sua própria unidade de conta (Althouse e Svartzman, 2022). Para reter a demanda de investidores globais, essas economias são obrigadas a ofertar taxas de juros estruturalmente mais elevadas, o que encarece seus empréstimos e amplia sua fragilidade financeira (De Conti, Prates e Plihon, 2014; Salah e Ament, 2025).

Diante das pressões decorrentes do elevado risco de endividamento externo, os países periféricos recorrem sistematicamente a estratégias de exportação de curto prazo concentradas em *commodities* agrícolas, minerais e energéticas (Althouse e Svartzman, 2022). A conexão entre essa arquitetura monetário-financeira assimétrica e seus impactos ecológicos é o objeto central do estudo de Olk (2024). Sua tese pode ser sintetizada em uma proposição simples e profunda: um dólar custa mais, em termos biofísicos, no Sul Global do que no Norte. A compensação monetária que a periferia recebe por cada unidade de recurso natural exportado é sistematicamente inferior ao valor que o centro obtém ao reexportar bens de maior valor agregado, em um processo que se retroalimenta por meio de rodadas sucessivas de endividamento externo (Olk, 2024).

Salah e Ament (2025) aprofundam a análise ao mostrar que a posição subordinada comprime o espaço fiscal da periferia, gerando uma necessidade precaucional de acumular reservas internacionais que drena recursos que poderiam financiar investimento produtivo e transição ecológica. O resultado é uma restrição de sobrevivência:[3] países privados de espaço fiscal e de autonomia monetária veem-se encurralados em um modelo de desenvolvimento orientado para a exportação de bens intensivos em recursos naturais (Douglas e Croft, 2026) de maneira estrutural, cuja superação exigiria transformações que vão além de ajustes marginais na ordem monetária e financeira internacional.

Enquanto o canal da dívida externa opera por meio de um estrangulamento financeiro crônico, o canal cambial distingue-se por sua natureza cíclica e assimétrica. Seu fundamento teórico reside no *dominant currency paradigm* (DCP), formulado por Gopinath *et al*. (2020). A regularidade empírica central do DCP é que a maioria das *commodities* e dos bens manufaturados comercializados internacionalmente são denominados em dólar estadunidense, independentemente da origem ou do destino da transação.

Nesse regime, o exportador periférico de bens naturais opera como tomador de preços: o valor em dólar de sua mercadoria é determinado nos mercados globais, e a taxa de câmbio bilateral entre sua moeda e a do importador – que não os Estados Unidos – tem impacto mínimo sobre os preços de importação no destino (Gopinath *et al*., 2020; Neopane, 2025). Como consequência, o mecanismo tradicional de ajuste externo via depreciação cambial é bloqueado.

Akinci *et al*. (2024) formalizam a dinâmica macroeconômica desse regime ao cunharem o conceito de *dollar's imperial circle* (círculo imperial do dólar). Uma apreciação do dólar produz três efeitos simultâneos: deprime os preços internacionais das *commodities*, contrai a manufatura global e o comércio mundial, e aperta as condições financeiras para as economias emergentes (Bruno e Shin,

[3] O conceito de "restrição de sobrevivência" é formulado por Minsky como a obrigação permanente a que todos os agentes econômicos, à exceção do banco central, estão submetidos: dispor de moeda suficiente para fazer face a seus gastos correntes a qualquer momento, sob pena de falência ou de impossibilidade de prover necessidades básicas (Torres Filho e Martins, 2022).

2021). O traço distintivo do "círculo imperial" é sua natureza autorreforçadora: a desaceleração global atinge mais intensamente a periferia, e o dólar beneficia-se da fraqueza alheia, realimentando sua apreciação.

Sendo o exportador periférico tomador de preços, a margem extensiva (mais área e mais extração) torna-se a via de ajuste predominante. A apreciação do dólar comprime a receita de exportação por unidade física e, simultaneamente, encarece o serviço da dívida externa em moeda local, contraindo o crédito disponível para as firmas. Sem acesso a financiamento para intensificar a produção, a firma recorre à expansão da área explorada para sustentar o volume exportado (Bruno e Shin, 2021; Neopane, 2025).

Esse mecanismo de substituição de intensificação produtiva por extensão é documentado em contextos de restrição financeira. Richards (2012) encontra que a elasticidade da área plantada de soja à taxa de câmbio real é maior em regiões com menor acesso a crédito rural. Pandey e Wheeler (2001) mostram que desvalorizações cambiais aumentam a extração de madeira em tora, com efeito três vezes maior em países com menor desenvolvimento financeiro. Mhaka e Kapingura (2019) e Ambya e Hamzah (2022), por sua vez, identificam associações semelhantes para a produção de carvão na África do Sul e na Indonésia.

No clássico "Formação Econômica do Brasil", publicado em 1959, Celso Furtado observou como esse mecanismo de ajuste exploratório acompanhou os ciclos de *commodities* no modelo agroexportador, vigente no país até a eclosão da crise de 1929. No século XIX, por exemplo, os exportadores brasileiros de couros mais que dobraram a quantidade exportada para receber um valor 12% inferior (Furtado, 2007, p. 109–110). Essa "compensação de receita via volume" hoje se traduz em maior extração de materiais e pressão ecológica na periferia, amplificada pela financeirização e pela dominância do dólar. À queda da receita unitária soma-se, no século XXI, a restrição financeira estrutural, o serviço da dívida em moeda forte, que obriga a continuar exportando mesmo com a receita cadente, ativando o *distress selling*, isto é, a venda forçada de ativos para obtenção de liquidez (Krugman, 2000).

3. Dados e estratégia empírica

A metodologia adotada neste trabalho é de natureza quantitativa por meio da estimação de modelos econométricos em painel de dados. A estratégia empírica fundamenta-se em duas vertentes complementares da literatura. A primeira, que articula hierarquia monetária e comércio ecologicamente desigual, é representada pelos trabalhos de Olk (2024) e Salah e Ament (2025), que fornecem os fundamentos teóricos dos canais da dívida externa e da taxa de câmbio sobre a extração de recursos. A segunda vertente, relativa ao canal cambial propriamente dito, é operacionalizada a

partir da literatura do *dominant currency paradigm* (Gopinath et al., 2020) e do *dollar's imperial circle* (Akinci *et al*., 2024), com ênfase na heterogeneidade setorial documentada por Rees (2023) e na transmissão financeira da taxa de câmbio analisada por Bruno e Shin (2021).

A estratégia empírica adotada neste artigo parte de uma especificação central e se desdobra em um conjunto de variações destinadas a testar a robustez dos canais de transmissão. A técnica principal é a estimação de um modelo de regressão com dados em painel, combinando a abordagem de efeitos fixos com um procedimento progressivo de inclusão de variáveis e termos interativos.

No modelo considerado, a extração doméstica per capita é explicada por um painel com efeitos fixos de país e de ano, incluindo três interações centrais entre o dólar defasado em dois anos e, respectivamente, a dependência de exportações primárias, o crédito doméstico e o serviço da dívida externa, ambos defasados em um ano. A equação estimada é:

$$\begin{aligned} \ln DEpc_{,it} = {} & \alpha_i + \delta_t + \beta_1(\ln BroadDollar_{t-2} \times \ln PrimExp_{i,t-1}) \\ & + \beta_2(\ln BroadDollar_{t-2} \times \ln Credit_{i,t-1}) \\ & + \beta_3(\ln BroadDollar_{t-2} \times DebtService_{i,t-1}) \\ & + \beta_4 DebtService_{i,t-1} \\ & + \gamma_1 \ln GDPpc_{i,t-1} + \gamma_2 TradeOpen_{i,t-1} \\ & + \gamma_3 NatRent_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{1}$$

Na equação 1, observa-se que *DEpc* é a extração doméstica per capita, *BroadDollar* é o *Broad Dollar Index* do *Federal Reserve* (Fed), *PrimExp* é a dependência de exportações primárias, *Credit* é o crédito doméstico ao setor privado como proporção do PIB, *DebtService* é o serviço da dívida externa como proporção das exportações, *GDPpc* é o PIB per capita, *TradeOpen* é a abertura comercial e *NatRent* são as rendas de recursos naturais. Os efeitos fixos de país absorvem características estruturais e geográficas invariantes no tempo. Os efeitos fixos de ano absorvem choques comuns a todos os países em cada período, inclusive o próprio nível do *Broad Dollar Index*, cujo efeito direto é identificado apenas por meio das interações com variáveis que apresentam variação seccional.

A amostra é composta por 16 países periféricos e abrange o período de 2007 a 2024. A seleção das economias baseou-se na taxonomia de hierarquia de moedas de Iancu *et al*. (2022) e no estudo empírico de Salah e Ament (2025). A amostra inclui: África do Sul, Angola, Argentina, Brasil, Cazaquistão, Colômbia, Gana, Indonésia, México, Nigéria, República Democrática do Congo, Sri Lanka, Tailândia, Turquia, Vietnã e Zâmbia. A escolha desse conjunto decorre da disponibilidade simultânea de dados para todas as variáveis nas três bases de extração utilizadas, de modo a garantir comparabilidade entre os modelos agregados e per capita.

O foco exclusivo na periferia global não é uma limitação arbitrária, mas a delimitação teórica central do trabalho. O indicador de serviço da dívida externa, por exemplo, não é reportado pelo Banco Mundial para as economias centrais. Essa ausência estatística é a expressão empírica de uma assimetria teórica: países centrais emitem dívida em moeda própria e não enfrentam a restrição de divisas que caracteriza a posição subordinada na hierarquia monetária. Portanto, o mecanismo de transmissão investigado, no qual a dívida externa atua como vetor de pressão ecológica sob choque cambial, é um fenômeno intrinsecamente periférico.

A variável dependente é a extração doméstica de materiais per capita. Os dados brutos de extração provêm do Painel Internacional de Recursos da UNEP-IRP, nas bases MFA4 e MFA13, e são expressos originalmente em toneladas totais por país e ano. Para obter a medida per capita, dividiu-se a extração total pela população de cada país-ano, obtida no *World Development Indicators* do Banco Mundial. Em seguida, aplicou-se a transformação logarítmica, de modo a reduzir a assimetria da distribuição e permitir que os coeficientes sejam interpretados como elasticidades. Nas estimações per capita, utilizou-se ainda a base *MFA total ratios* da UNEP-IRP, que já fornece diretamente a extração doméstica per capita, sem necessidade de divisão pela população.

O choque cambial é representado pelo *Broad Dollar Index* do Fed, extraído da base FRED. Trata-se de uma medida de taxa de câmbio efetiva real do dólar estadunidense, originalmente disponível em frequência mensal e, neste trabalho, convertida para média anual e reescalada para a base 2006=100. O índice entra no modelo em logaritmo, com defasagem de dois anos nas especificações principais. A escolha da defasagem de dois anos fundamenta-se na literatura de resposta da oferta de recursos naturais, uma vez que decisões de investimento, abertura de novas frentes extrativas e expansão da capacidade instalada não se materializam de imediato após um choque cambial (Nerlove, 1958; Richards, 2012).[4] Nos modelos parcimoniosos exploratórios, o dólar também foi testado em sua forma contemporânea e com defasagens de um, dois e três anos, de modo a mapear a temporalidade da resposta da extração ao choque cambial, confirmando que o horizonte de dois anos é o mais consistente com os mecanismos propostos.

A dependência de exportações primárias, utilizada como variável de interação, foi construída a partir de quatro indicadores do *World Development Indicators*: exportações de minérios e metais, matérias-primas agrícolas, alimentos e combustíveis, todos expressos como proporção das exportações de bens. A variável foi definida como a soma dessas quatro categorias, de modo a capturar a dependência primária em sentido amplo. Como a soma pode assumir valor zero para alguns países em alguns anos, aplicou-se a transformação logarítmica na forma $\ln(1 + x)$, que preserva as

[4] Como as demais variáveis explicativas entram defasadas em um ano, os dois primeiros anos da amostra são necessários para a construção das defasagens. Por essa razão, embora os dados brutos estejam disponíveis a partir de 2007, a janela efetiva de estimação tem início em 2009.

observações nulas sem distorcer excessivamente a escala. A variável entra defasada em um ano, pois a estrutura produtiva do período anterior condiciona a resposta ao choque cambial corrente.

O crédito doméstico ao setor privado, também proveniente do *World Development Indicators*, é medido como proporção do PIB. A variável entra em logaritmo, com defasagem de um ano, e é utilizada tanto como termo direto quanto como componente da interação com o dólar. O serviço da dívida externa, obtido no *International Debt Statistics* do Banco Mundial, é medido como proporção das exportações de bens, serviços e renda primária, e entra em nível, com defasagem de um ano.

Os controles estruturais são o PIB per capita, a abertura comercial e as rendas de recursos naturais. O PIB per capita, extraído do *World Development Indicators*, é expresso em paridade de poder de compra e entra em logaritmo, com defasagem de um ano. A abertura comercial é definida como a soma das exportações e importações de bens e serviços como proporção do PIB, também do *World Development Indicators*. As rendas de recursos naturais, por fim, correspondem à participação das rendas do petróleo, gás natural, carvão, minerais e florestas no PIB. Todas as variáveis de controle foram defasadas em um ano, evitando simultaneidade entre a extração corrente e os determinantes contemporâneos.

Em síntese, a base de dados combina indicadores biofísicos da UNEP-IRP com variáveis macroeconômicas do Banco Mundial e do Fed, harmonizadas em um painel de 16 países periféricos entre 2007 e 2024. As transformações logarítmicas e as defasagens foram padronizadas para todas as especificações, de modo a garantir comparabilidade entre os modelos parcimoniosos, os modelos com interações e os testes de robustez.

As hipóteses associadas a especificação do modelo (equação 1) são derivadas diretamente do referencial teórico. Espera-se $\beta_1 > 0$, uma vez que a apreciação do dólar deprime os preços internacionais das *commodities* e induz os países periféricos mais dependentes de exportações primárias a compensarem a perda de receita unitária por meio da expansão do volume extraído. Espera-se $\beta_2 < 0$, pois a escassez de crédito doméstico bloqueia a intensificação produtiva e força a resposta pela margem extensiva. Espera-se $\beta_3 > 0$, indicando que o serviço da dívida externa amplifica o efeito cambial, em consonância com o mecanismo de *distress selling*. Por fim, espera-se $\beta_4 > 0$.

O *Broad Dollar Index* constitui um choque comum: seu valor em cada ano t é idêntico para todos os países da amostra, não havendo variação de *timing* entre unidades. O que varia entre países é a intensidade da exposição a esse choque, capturada pelas interações. Esse desenho é estruturalmente distinto dos *designs* de tratamento binário com adoção escalonada, nos quais unidades diferentes recebem o tratamento em momentos distintos e os estimadores de efeitos fixos podem gerar comparações viesadas (Goodman-Bacon, 2021; Callaway e Sant'Anna, 2021). A abordagem aqui utilizada está mais próxima dos desenhos empregados na literatura de ciclo financeiro global (Miranda-Agrippino e Rey, 2022).

Para além do modelo principal, a estimação empírica adota uma abordagem progressiva. Partiu-se de modelos parcimoniosos, em que o dólar e o serviço da dívida foram incluídos isoladamente e em diferentes defasagens, com o objetivo de mapear a temporalidade do choque cambial. Em seguida, incorporou-se o crédito doméstico e, posteriormente, os controles estruturais e os termos interativos, de modo a avaliar o ganho de poder explicativo de cada componente e a verificar se os canais operam de forma independente.

Como primeiro teste de robustez, estimou-se uma especificação alternativa que difere do modelo principal em três aspectos: os efeitos fixos de ano são omitidos, as variáveis interativas são centralizadas e a interação com a dependência de exportações primárias é excluída. A omissão das *dummies* de ano permite identificar diretamente o termo defasado do dólar, que, de outra forma, seria perfeitamente colinear com os efeitos temporais. A centralização das variáveis contínuas envolvidas nas interações, por sua vez, reduz a multicolinearidade não essencial entre os termos principais e os produtos cruzados. Nas especificações sem centralização, os Fatores de Inflação da Variância superavam em número a versão original, comprometendo a precisão das estimativas, tal procedimento segue Aiken e West (1991), Jaccard e Turrisi (2003) e Shieh (2011). A exclusão de *PrimExp* deve-se ao fato de que sua interação com o dólar não apresentou significância consistente, conforme será demonstrado na seção de resultados, sendo mantida apenas como teste de robustez. Nessa especificação alternativa, os sinais esperados permanecem os mesmos: negativo para a interação entre dólar e crédito, positivo para a interação entre dólar e dívida, e negativo ou nulo para o termo direto da dívida.

Os erros-padrão em todas as estimações são calculados pelo método de Driscoll e Kraay (1998), que garante consistência na presença simultânea de heterocedasticidade, autocorrelação serial e dependência transversal. Essa escolha é justificada pela natureza macroeconômica do painel, em que choques globais comuns tendem a gerar correlação entre os resíduos de diferentes países.

Dois outros procedimentos complementares foram adotados. Primeiro, o modelo foi reestimado para o subgrupo de países com alta dívida externa e baixo crédito doméstico, com o intuito de examinar se a resposta extrativa ao choque cambial se intensifica nas economias financeiramente mais vulneráveis. Segundo, o modelo foi replicado para as categorias setoriais da base MFA4 (biomassa, combustíveis fósseis, minerais não metálicos e minérios metálicos) e para os subsetores desagregados da base MFA13, como petróleo, carvão, culturas, madeira e minério de ferro.

A análise setorial é particularmente relevante porque os diferentes materiais possuem intensidades de capital, graus de exposição cambial e estruturas de mercado distintas, de modo que se espera divergência nos coeficientes estimados. Setores de alta liquidez internacional e elevada intensidade de capital, como combustíveis fósseis e minerais de construção, tendem a responder mais

fortemente por meio da margem extensiva, enquanto *commodities* com contratos de longo prazo podem apresentar dinâmica dominada pelo efeito renda.

Em conjunto, a estratégia empírica desenhada permite não apenas testar a hipótese central do trabalho, mas também qualificar os resultados por meio da progressão das especificações, do tratamento da multicolinearidade e da desagregação setorial. A combinação de modelos parcimoniosos, especificações com interações e testes de robustez oferece uma base empírica mais sólida para a discussão dos mecanismos que conectam a hierarquia monetária à pressão ecológica na periferia.

4. Estimações e resultados

O ponto de partida da análise empírica consiste na estimação de modelos parcimoniosos, que consideram isoladamente o efeito do choque cambial e o efeito do serviço da dívida externa sobre a extração doméstica per capita (MFA4, MFA13 e *total ratio*). Embora essas especificações não incorporem controles estruturais nem termos interativos, elas cumprem a função de revelar o comportamento bruto de cada variável e de situar a discussão subsequente em bases empíricas mais sólidas.

Os resultados do modelo que inclui apenas o dólar mostram que o coeficiente contemporâneo (choque imediato) é positivo e estatisticamente significativo nas três bases de extração, mas perde magnitude e significância à medida que se introduzem defasagens. Esse padrão, contudo, não é suficiente para caracterizar um mecanismo de transmissão robusto, pois a ausência da inserção dos controles impede distinguir o efeito do dólar de outros choques globais de demanda que elevam simultaneamente a extração e o índice cambial.

O resultado mais informativo dessa etapa, porém, diz respeito ao modelo que considera apenas o serviço da dívida externa. O coeficiente é negativo e significativo nas três bases, variando de −0,0023 a −0,0047. Esse sinal negativo é coerente com um efeito contracionista da dívida externa, amplamente discutido na literatura de restrição externa e desenvolvimento periférico, em que o pagamento de juros e amortizações em moeda estrangeira drena divisas que poderiam financiar investimento produtivo, importação de insumos e gastos correntes. Nos países periféricos, essa drenagem é estruturalmente mais severa, pois decorre da posição subordinada na hierarquia monetária internacional e do *original sin* (Eichengreen, Hausmann e Panizza, 2007). A dívida, portanto, comprime o espaço fiscal e deprime o metabolismo material em períodos de estabilidade cambial.

Esse resultado é central para a tese do trabalho. Ele revela que a dívida externa, isoladamente, não constitui um vetor de pressão ecológica. Ao contrário, em contextos de câmbio estável, o efeito dominante é o de drenagem de renda, que contrai a atividade produtiva e, por extensão, a extração de

materiais. A pressão ecológica não é, portanto, uma consequência automática do endividamento. Ela só emerge quando a dívida é ativada por um choque cambial, especificamente, pela apreciação do dólar. Essa leitura condicional está alinhada com a literatura da *Ecological Currency Hierarchy*, segundo a qual a subordinação monetária e creditícia gera uma vulnerabilidade latente, que se manifesta como pressão sobre os ecossistemas apenas quando a restrição externa se torna aguda (Salah e Ament, 2025; Olk, 2024).

A incorporação do crédito doméstico ao setor privado, ainda em uma especificação sem interações, adiciona uma camada relevante. O crédito aparece com coeficiente positivo e significativo em todas as defasagens, variando de 0,138 a 0,153. Esse efeito direto positivo indica que o financiamento doméstico está associado à maior escala de produção e, portanto, a maior extração em nível. Contudo, a interpretação econômica mais importante do crédito não reside nesse efeito direto, mas em seu papel moderador, que se revelará nas especificações interativas. O crédito financia a produção, mas também permite a intensificação produtiva, reduzindo a necessidade de expansão da margem extensiva.

Quando se analisa a sensibilidade da extração ao ciclo do dólar, o crédito aparece como amortecedor. Países com sistemas financeiros mais profundos conseguem financiar máquinas, fertilizantes e tecnologia, elevando a produtividade da terra e do capital, e dependem menos da expansão da área explorada como resposta ao choque cambial (Richards, 2012). Em contrapartida, a escassez de crédito doméstico bloqueia a intensificação e força a periferia a recorrer à margem extensiva, convertendo a restrição financeira em pressão física sobre os ecossistemas (Culas, 2006; Shandra *et al*., 2010).[5]

A separação da amostra de periféricos segundo o nível de crédito doméstico, Baixo Crédito e Alto Crédito, definidos pela mediana, reforça essa leitura. No grupo de Baixo Crédito, o serviço da dívida externa passa a ser positivo e altamente significativo em todas as defasagens, com coeficientes variando de 0,0026 a 0,0033. Isso significa que, em economias financeiramente frágeis, a dívida externa pressiona diretamente a extração, pois não há um sistema financeiro nacional capaz de amortecer o choque. Sem crédito para financiar ganhos de produtividade ou tecnologia, a única resposta viável é a expansão da margem extensiva, mais área explorada e mais volume físico extraído, configurando o mecanismo de estrangulamento financeiro.

No grupo de Alto Crédito, por sua vez, o serviço da dívida permanece negativo e não significativo, indicando que a profundidade financeira doméstica dissipa o efeito direto da dívida sobre a extração. Essa divergência entre os grupos é uma evidência empírica central de que a margem

[5] A relação entre crédito, margem extensiva e emissões de gases de efeito estufa, outros gases e dejetos poluentes, embora intimamente ligada aos mecanismos aqui descritos, fogem ao escopo deste trabalho e constitui desdobramento relevante para pesquisas futuras.

extensiva é ativada precisamente nos países que combinam endividamento externo elevado com escassez de crédito doméstico.[6]

A interação entre o dólar e a dependência de exportações primárias, por sua vez, não apresentou significância estatística consistente em nenhuma das especificações. Seu coeficiente é pequeno, e sua inclusão no modelo completo não altera substantivamente os coeficientes das demais interações, tampouco adiciona poder explicativo relevante.[7] Por essa razão, a variável foi excluída do modelo principal, sendo mantida apenas como teste de robustez.

Com base nesses resultados, partiu-se para a especificação completa, incorporando os controles estruturais. A inclusão do PIB per capita, da abertura comercial e das rendas de recursos naturais não alterou a direção das interações financeiras; ao contrário, reforçou a significância do canal da dívida. O modelo final revisado, adota efeitos fixos de país, variáveis interativas centralizadas e exclusão da interação com *PrimExp*. Essa especificação difere do modelo original proposto na equação 1, que incluía efeitos fixos de ano, variáveis em níveis brutos e a interação com *PrimExp*. A Tabela 1 compara as duas versões.

A comparação evidencia três mudanças principais. Primeiro, o efeito direto do serviço da dívida, que era negativo e significativo no modelo original, torna-se próximo de zero e não significativo no modelo revisado, em razão da centralização e da inclusão do termo direto do dólar e crédito, que alteram a interpretação dos coeficientes de primeira ordem. Segundo, a interação Dólar × Crédito, que era pequena e não significativa no modelo original, torna-se negativa e altamente significativa no modelo revisado (−0,251 em MFA4), revelando o papel do crédito como amortecedor. Terceiro, a interação Dólar × Serviço da dívida permanece positiva e significativa nas duas versões, embora o coeficiente caia de 0,0193 para 0,009, refletindo a mudança de escala decorrente da centralização. O importante é que o sinal e a significância se mantêm, confirmando a robustez do canal da dívida. Esses resultados são observados na base MFA4, mas replicam-se qualitativamente em MFA13 e MFA *total ratios*, com os mesmos sinais e níveis de significância.

A interpretação dos coeficientes do modelo final revisado corrobora as hipóteses delineadas. O canal do crédito doméstico (β_4) é negativo e altamente significativo nas três bases (MFA4, MFA13 e MFA *total ratios*), confirmando que a restrição de financiamento amplifica o efeito cambial por meio da substituição intensificação–extensão. O canal da dívida externa (β_5) é positivo e significativo, ativando o mecanismo de *distress selling*. O termo direto da dívida (β_3) é negativo ou nulo, reforçando

[6] Economias periféricas que conseguiram ampliar seus sistemas financeiros, como Brasil, México e Turquia, continuam expostas à hierarquia monetária por outras vias, notadamente pelo descasamento cambial no setor privado e pela sensibilidade aos ciclos globais de liquidez. Essa configuração, identificada na literatura como *original sin redux*, desloca a expressão do estrangulamento financeiro do âmbito público para o privado, cabendo a outros trabalhos investigar como esse novo paradoxo se manifesta em termos de pressão ecológica (Paula, Fritz e Prates, 2026).

[7] Esse resultado não nega a importância da especialização primária, mas indica que, uma vez controladas as dimensões financeiras, a dependência da exportação de *commodities* por si só não é suficiente para ativar a pressão cambial sobre a extração.

o caráter condicional desse canal. O efeito escala, capturado pelo PIB per capita, permanece o preditor mais forte, positivo e altamente significativo em todas as bases. O coeficiente varia de 0,359 em MFA *total ratios* a 0,482 em MFA4, sempre com $p < 0{,}001$. Em termos substantivos, um aumento de 1% na renda per capita está associado a um acréscimo de aproximadamente 0,36% a 0,48% na extração doméstica per capita. A abertura comercial também aparece positivamente associada à extração em algumas bases, enquanto as rendas de recursos naturais não apresentam efeito robusto.

Tabela 1. Estimações do modelo de painel para os determinantes da extração material (MFA4) em países periféricos, 2007-2024

Coeficiente	**Modelo Original**	**Modelo Revisado**
Dólar ($t-2$)	–	0.061
		(0.038)
Crédito ($t-1$)	–	-0.044
		(0.043)
Serviço da dívida ($t-1$)	-0.0912*	-0.001
	(0.0424)	(0.0005)
PIB per capita	0.6162***	0.482***
	(0.0888)	(0.040)
Abertura comercial	0.0004	0.001*
	(0.0007)	(0.0005)
Rendas de recursos naturais	-0.0032	-0.004
	(0.0036)	(0.003)
Dólar × Crédito	-0.0123	-0.251***
	(0.0137)	(0.042)
Dólar × Serviço da dívida	0.0193*	0.009**
	(0.0088)	(0.003)
Dólar × PrimExp	0.0019	–
	(0.0017)	
Centralização	Não	Sim

Fonte: Elaboração própria. Significância: *** $p<0.001$; ** $p<0.01$; * $p<0.05$. Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses.

A centralização das variáveis interativas foi essencial para reduzir a multicolinearidade. No modelo original, sem centralização, os Fatores de Inflação da Variância ultrapassavam 2.000; após a centralização, caíram para valores inferiores a 3. Isso estabilizou as estimativas e permitiu que o canal do crédito emergisse com clareza, sem alterar os coeficientes das interações. O modelo final revisado, portanto, oferece uma especificação mais parcimoniosa e teoricamente informativa, adequada para os testes de robustez e para a discussão dos mecanismos que conectam a hierarquia monetária à pressão ecológica.

A análise setorial, cujos coeficientes são reportados na Tabela 2, concentra-se na amostra de 16 países periféricos. Os resultados mostram que a heterogeneidade entre materiais não é aleatória,

mas estruturada, refletindo diferenças de intensidade de capital, exposição cambial e estrutura de mercado.[8]

Tabela 2. Estimações do modelo de painel para os determinantes da extração material (MFA4 e MFA13) em países periféricos, 2007-2024 – Interações principais por setor, modelo completo com controles

Setor	Dólar × Crédito	Dólar × Dívida
MFA4		
Biomassa	-0,035	0,012**
Combustíveis fósseis	-0,526***	-0,041***
Minérios metálicos	-1,389*	0,036
Minerais não metálicos	-0,384***	0,001
MFA13		
Petróleo	-1,028***	0,044***
Carvão	-1,489***	-0,079***
Madeira	0,091**	0,013**
Minério de ferro	1,463***	0,085
Minerais não metálicos (construção)	-0,856***	-0,007

Fonte: Elaboração própria. Significância: *** $p<0.001$; ** $p<0.01$; * $p<0.05$. Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses.

Interpretando os indicadores, observa-se que o canal do crédito tende a ser negativo em setores de alta intensidade de capital e forte exposição cambial, como combustíveis fósseis, petróleo, carvão e minerais não metálicos. Nesses setores, a escassez de crédito bloqueia ganhos de produtividade e força a expansão física. Em contraste, setores como madeira e minério de ferro apresentam interação positiva. Nesses casos, o crédito doméstico parece estar associado à expansão da capacidade produtiva, e não à sua substituição.

Para a madeira, o crédito pode financiar a exploração de novas áreas, o manejo florestal ou a aquisição de pesados equipamentos de extração, elevando a produção bruta. No minério de ferro, setor de altíssimo capital e longa maturação, o crédito pode viabilizar projetos de expansão de infraestrutura e maquinário que não ocorreriam sem o devido financiamento; contudo, o baixo número de observações para esse material não permite inferir com total certeza acerca do setor. O sinal positivo, portanto, não contradiz a hipótese central: ele indica que, nesses setores, o crédito atua como indutor fundamental da escala produtiva, enquanto nos demais opera majoritariamente como amortecedor da restrição cambial. A distinção entre esses dois papéis é essencial para compreender por que o crédito não tem efeito unívoco sobre a extração material.

[8] Cabe a trabalhos futuros ampliar a amostra de países periféricos, incorporando economias com maior heterogeneidade na pauta de exportação de bens primários e recursos naturais.

A interação Dólar × Dívida também apresenta sinal variável entre os materiais. Em biomassa, petróleo e madeira, a interação é positiva, indicando que o serviço da dívida externa amplifica o efeito do dólar sobre a extração. Nesses setores, a necessidade imperativa de gerar divisas para honrar compromissos externos pressiona a expansão da produção física. O petróleo, em particular, é um ativo de altíssima liquidez internacional, cuja extração está fortemente atrelada à receita cambial.[9] A biomassa e a madeira, por sua vez, são setores menos concentrados, nos quais a fronteira extrativa pode ser expandida com relativa rapidez e capilaridade, convertendo o aperto financeiro e cambial em pressão direta sobre ecossistemas vulneráveis.

Em contrapartida, a interação com a dívida apresenta-se negativa em agregados de combustíveis fósseis e carvão. Esse resultado pode ser interpretado à luz do efeito renda global: a apreciação do dólar encarece as transações no mercado internacional, deprimindo a demanda agregada, e a consequente contração da atividade econômica tende a reduzir a extração, mesmo na presença de elevado endividamento dos países produtores. O carvão, especificamente, obedece a uma lógica particular. Trata-se de um mercado menos integrado globalmente e mais regionalizado, com forte dependência de infraestruturas locais, contratos de longo prazo e políticas energéticas e termelétricas domésticas, o que reduz sua sensibilidade elástica ao ciclo cambial (Joskow, 1987; Haftendorn e Holz, 2010). Diante disso, o impacto do estresse financeiro sobre o carvão não se desdobra em expansão da margem extensiva. Pelo contrário, esses setores tendem a seguir mais rigidamente a lógica do *dominant currency paradigm* puro, na qual a alta do dólar retrai o volume transacionado, predominando o efeito contracionista sobre a produção (Gopinath *et al*., 2020).

Essa estrutura setorial e institucional indica que a pressão ecológica associada à hierarquia monetária não se distribui de forma uniforme pela natureza; ela se concentra intensamente em determinados materiais, nos quais a restrição financeira, escassez de crédito ou choque da dívida, se converte mais diretamente e rapidamente em expansão da extração. Do ponto de vista de política pública, isso significa que estratégias de mitigação socioambiental em países periféricos devem considerar a composição setorial de suas pautas extrativas, o nível de integração dessas *commodities* ao sistema de preços dolarizado e a propriedade das matrizes produtivas.

[9] A forte resposta de *distress selling* no petróleo também pode ser explicada pela estrutura de propriedade. Na maioria dos países periféricos, o setor é controlado por empresas estatais. O controle estatal confere a essas empresas um papel estratégico e quase-fiscal, permitindo que governos acelerem a produção diretamente por meio de diretrizes para alavancar a geração de receita em moeda forte durante períodos de asfixia nas contas externas (Victor, Hults e Thurber, 2011; Tordo, Tracy e Arfaa, 2011).

5. Considerações finais

O presente trabalho articulou a literatura de hierarquia monetária e comércio ecologicamente desigual para investigar como a subordinação financeira se transmite ao metabolismo material das economias periféricas. Refinando o canal cambial por meio do *dominant currency paradigm*, a investigação propôs que a apreciação da moeda estadunidense atua como um vetor que pressiona a extração doméstica de recursos naturais na periferia. Os resultados empíricos demonstraram que as hipóteses centrais são válidas e condicionadas pela arquitetura financeira nacional: a dívida externa atua como amplificador do choque cambial, enquanto o crédito doméstico desempenha um papel amortecedor fundamental ao viabilizar a intensificação produtiva e conter a expansão da margem extensiva em setores baseados em recursos naturais.

Tais dinâmicas ganham contornos concretos quando aplicadas a realidades nacionais específicas, como o caso brasileiro. Mesmo em contextos nos quais a crise da dívida externa soberana não opera de forma agônica e direta sobre a estabilidade macroeconômica imediata, os setores primários voltados à exploração de biomassa e madeira, com forte incidência sobre frentes ecológicas em estado de sensibilidade política atualmente no debate econômico, como a Amazônia, revelam a urgência de políticas estruturais de crédito e financiamento verde.

Conforme sugerido pela evidência de que a escassez de financiamento direciona o ajuste para a degradação ambiental, políticas públicas de crédito direcionado e de incentivo à produção sustentável, a exemplo do Plano ABC – que direciona crédito a atividades agropecuárias sustentáveis – e de matrizes agroflorestais, tornam-se indispensáveis para mitigar a pressão extrativa sem exigir a abertura de novas fronteiras de desmatamento. Com isso, evidencia-se que a disponibilidade de crédito em todas as escalas é um mecanismo central para amortecer os impactos do comércio ecologicamente desigual e limitar o avanço da fronteira extrativa sobre ecossistemas ainda preservados.

Contudo, amortecer os choques por dentro da ordem vigente é insuficiente. A armadilha do ciclo imperial do dólar, ao aglutinar as relações econômicas a padrões internacionais que aprofundam simultaneamente a dívida financeira e a dívida ecológica, exige o enfrentamento da própria arquitetura monetário-financeira que a reproduz. Para escapar das amarras impostas pela subordinação sistêmica, a transição para um modelo sustentável precisa ser pensada também como uma transição macrofinanceira. Propostas como o *Ecor*, concebido como uma moeda global de finalidade específica para o financiamento sustentável (Aguila, Haufe e Wullweber, 2025), ou o fortalecimento de acordos de comércio em moedas locais e regionais (Cruz, 2020), apontam caminhos concretos para reduzir a exposição da periferia ao padrão monetário hegemônico. Ao priorizar laços de troca que não passem necessariamente pelo dólar, abre-se espaço para que as economias periféricas

reorganizem seus regimes produtivos sem converter crises cambiais em expansão predatória da extração.

Em última análise, conclui-se que a transição ecológica na periferia global é indissociável de uma profunda reorganização do SMI e faz finanças globais. A preservação ambiental não pode continuar subjugada ao ciclo do dólar nem às exigências de liquidez impostas pela hierarquia monetária. Enfrentar de forma articulada a dívida financeira e a dívida ecológica exige transformações institucionais que reconheçam a moeda, o crédito e a dívida como dimensões centrais da crise ambiental contemporânea. Sem isso, as estratégias de desenvolvimento sustentável tenderão a permanecer limitadas a compensações parciais, incapazes de romper o nexo estrutural entre subordinação monetária e pressão ecológica que este trabalho procurou evidenciar.

Referências

AGUILA, N.; HAUFE, P.; WULLWEBER, J. The Ecor as global special purpose money: towards a green international monetary system to finance sustainable and just transformation. *Sustainability Science*, 2024.

AIKEN, L. S.; WEST, S. G. *Multiple regression: testing and interpreting interactions*. Newbury Park: Sage, 1991.

AKINCI, O.; BENIGNO, G.; PELIN, S.; TUREK, J. The Dollar's Imperial Circle. *IMF Economic Review*, v. 72, n. 16, p. 653-700, 2024.

ALTHOUSE, J.; SVARTZMAN, R. Bringing subordinated financialisation down to earth: the political ecology of finance-dominated capitalism. *Cambridge Journal of Economics*, v. 46, n. 4, p. 679-702, 2022.

AMBYA; HAMZAH, L. M. Indonesian coal exports: dynamic panel analysis approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, v. 12, n. 18, p. 390-395, 2022.

ARAÚJO, A. H. S; ANDRADE, D. C.; SOUZA, H. F. Metabolismo socioeconômico (MSE): construção conceitual e convergência com a Economia Ecológica (EE). *Revista Iberamericana de Economía Ecológica*, v. 31, n. 1, p. 127-143, 2019.

BRUNO, V. G.; SHIN, H. S. *Dollar and exports*. London: CEPR Discussion Papers, 2021. (Working Paper, n. 16311).

CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P. H. C. Difference-in-Differences with Multiple Time Periods. *Journal of Econometrics*, v. 225, n. 2, p. 200-230, 2021.

CORSI, G.; GUARINO, R.; MUÑOZ-ULECIA, E.; SAPIO, A.; FRANZESE, P. P. Uneven development and core-periphery dynamics: a journey into the perspective of ecologically unequal exchange. *Environmental Science and Policy*, v. 157, art. 103778, 2024.

CRUZ, F. N. da. *Hierarquia monetária e comércio periférico: reflexões sobre o Sistema de Pagamentos em Moeda Local (SML) entre a Argentina e o Brasil*. 2020. Tese (Doutorado) – Unicamp, Campinas.

CULAS, R. J. Debt and deforestation: a review of causes and empirical evidence. *Journal of Developing Societies*, v. 22, n. 4, p. 347-358, 2006.

DE CONTI, B. M.; PRATES, D. M.; PLIHON, D. A hierarquia monetária e suas implicações para as taxas de câmbio e de juros e a política econômica dos países periféricos. *Economia e Sociedade*, v. 23, n. 2, p. 341-372, 2014.

DORNINGER, C. *et al*. Global patterns of ecologically unequal exchange: implications for sustainability in the 21st century. *Ecological Economics*, v. 179, p. 106824, 2021.

DOUGLAS, R.; CROFT, S. A. *Fiscal policy space and the unequal exchange of biodiversity loss in global agrifood trade*. London: UCL IIPP, 2026. (Working Paper, n. IIPP WP 2026-01).

DRISCOLL, J. C.; KRAAY, A. C. Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of Economics and Statistics*, v. 80, n. 4, p. 549-560, 1998.

EICHENGREEN, B.; HAUSMANN, R.; PANIZZA, U. Currency mismatches, debt intolerance, and the original sin: why they are not the same and why it matters. In: EDWARDS, S. (ed.). *Capital Controls and Capital Flows in Emerging Economies*. Chicago: University of Chicago Press, 2007. p. 121-170.

FURTADO, C. *Formação econômica do Brasil*. 34. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

GOODMAN-BACON, A. Difference-in-Differences with Variation in Treatment Timing. *Journal of Econometrics*, v. 225, n. 2, p. 254-277, 2021.

GOPINATH, G. et al. Dominant Currency Paradigm. *American Economic Review*, v. 110, n. 3, p. 677-719, 2020.

HAFTENDORN, C.; HOLZ, F. Modeling and analysis of the international steam coal trade. *The Energy Journal*, v. 31, n. 3, p. 205-230, 2010.

HORNBORG, A. Towards an ecological theory of unequal exchange: articulating world system theory and ecological economics. *Ecological Economics*, v. 25, n. 1, p. 127-136, 1998.

IANCU, A. et al. Reserve currencies in an evolving international monetary system. *Open Economies Review*, v. 33, n. 5, p. 879-915, 2022.

JACCARD, J.; TURRISI, R. *Interaction effects in multiple regression*. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 2003. (Quantitative Applications in the Social Sciences, n. 72).

JOSKOW, P. L. Contract duration and relationship-specific investments: empirical evidence from coal markets. *American Economic Review*, v. 77, n. 1, p. 168-185, 1987.

KALTENBRUNNER, A. A post Keynesian framework of exchange rate determination: a Minskyan approach. *Journal of Post Keynesian Economics*, v. 38, n. 3, p. 426-448, 2015.

KRUGMAN, P. Fire-sale FDI. In: EDWARDS, S. (ed.). *Capital Flows and the Emerging Economies: Theory, Evidence, and Controversies*. Chicago: University of Chicago Press, 2000. p. 43-58.

MARTÍNEZ-ALIER, J. *The Environmentalism of the Poor*. Cheltenham: Edward Elgar, 2001.

MHAKA, S.; KAPINGURA, F. M. *The mining dynamics and economic performance in South African mineral resources using quantile regression*. MPRA Paper, n. 95284, 2019.

MIRANDA-AGRIPPINO, S.; REY, H. The Global Financial Cycle. In: GOPINATH, G.; HELPMAN, E.; ROGOFF, K. (ed.). *Handbook of International Economics*. Amsterdam: Elsevier, v. 6, 2022.

MURADIAN, R.; MARTÍNEZ-ALIER, J. Trade and the environment: from a "Southern" perspective. *Ecological Economics*, v. 36, n. 2, p. 281-297, 2001.

NEOPANE, A. Trade and Financial Channel of the Exchange Rate With Dollar Dominance: Is Export Growth Elusive? *Review of International Economics*, v. 33, n. 5, p. 1115-1137, 2025.

NERLOVE, M. *Distributed lags and demand analysis for agricultural and other commodities*. Washington, D.C.: USDA, 1958. (Agricultural Handbook, n. 141).

OLK, C. How much a dollar cost: currency hierarchy as a driver of ecologically unequal exchange. *World Development*, v. 180, p. 106649, 2024.

ORSI, B. S. L. *Currency Internationalisation and Currency Hierarchy in Emerging Economies: The Role of the Brazilian Real*. Doctoral Thesis – Leeds University Business School, University of Leeds, Leeds, 2019.

PALMA, J. G. Structuralism. In: DUTT, A. K.; ROS, J. (ed.). *International Handbook of Development Economics*. Cheltenham: Edward Elgar, 2008. p. 136-143.

PALLUDETO, A. W. A.; ABOUCHEDID, S. C. *A Hierarquia de Moedas e a Relação Centro-Periferia Revisitada*. In: XLII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 2016, Águas de Lindóia. Anais [...]. Águas de Lindóia: ANPEC, 2016.

PANDEY, K. D.; WHEELER, D. *Structural adjustment and forest resources: the impact of World Bank operations*. Washington, D.C.: World Bank, 2001. (Policy Research Working Paper, n. 2584).

PAPYRAKIS, E.; GERLAGH, R. The resource curse hypothesis and its transmission channels. *Journal of Comparative Economics*, v. 32, n. 1, p. 181-193, 2004.

PAULA, L. F. de; FRITZ, B.; PRATES, D. M. The metamorphosis of external vulnerability: from 'original sin' to 'original sin redux'. In: *Currency Hierarchy and Financial Globalisation*. Cheltenham: Edward Elgar, 2026. p. 57-80.

PEINADO, G.; PICCOLO, P.; MORA, A.; GUISEN, F.; FERRARI, B.; GANEM, J. *El intercambio ecológicamente desigual como nexo entre deuda externa y deuda ecológica*. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 13., 2019, Campinas. Anais [...]. Campinas: Unicamp, 2019. p. 1-14.

REES, D. M. *Commodity prices and the US Dollar*. Basel: Bank for International Settlements, 2023. (BIS Working Papers, n. 1083).

RICHARDS, P. D. Exchange rates, soybean supply response, and deforestation in South America. *Global Environmental Change*, v. 22, n. 2, p. 454-462, 2012.

SACHS, J. D.; WARNER, A. M. *Natural Resource Abundance and Economic Growth*. Cambridge: NBER, 1995. (Working Paper, n. 5398).

SALAH, M.; AMENT, J. The ecological currency hierarchy: empirical support for currency power driven asymmetries in environmental and social autonomy. *New Political Economy*, v. 30, n. 1, p. 77-99, 2025.

SHANDRA, J. M. et al. Debt, structural adjustment, and biodiversity loss: a cross-national analysis of threatened mammals and birds. *Human Ecology Review*, v. 17, n. 1, p. 18-33, 2010.

SHIEH, G. Clarifying the role of mean centring in multicollinearity of interaction effects. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, v. 64, n. 3, p. 462-477, 2011.

TORDO, S.; TRACY, B. S.; ARFAA, N. *National oil companies and value creation*. Washington, D.C.: World Bank, 2011. (World Bank Working Paper, n. 218).

TORRES FILHO, E. T.; MARTINS, N. M. Restrição de sobrevivência e regulação financeira: uma nova perspectiva minskyana. *Revista de Economia Política*, v. 42, n. 1, p. 88-104, 2022.

VICTOR, D. G.; HULTS, D. R.; THURBER, M. C. (ed.). *Oil and governance: state-owned enterprises and the world energy supply*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.