



Abordando os efeitos biofísicos das florestas nas políticas nacionais sobre o clima: oportunidades no Chile

Vincent Haller e Frances Seymour

Sabe-se que as emissões de gases de efeito estufa no desmatamento são um dos principais contribuintes para as mudanças climáticas, mas, como mostra um [corpo crescente de pesquisas](#), as florestas afetam a estabilidade climática de maneiras distintas do ciclo global do carbono. Os efeitos não carbônicos das florestas podem ter profundo impacto sobre a temperatura e as chuvas locais e globais, dentro dos limites nacionais e internacionais. Esses efeitos subestimados começam a ser reconhecidos em discussões climáticas e, [conforme detalhado em um recente Relatório do WRI](#), os formuladores de políticas nacionais devem enfrentar o desafio de levá-los em consideração, o que leva à questão de como os países podem agir para incorporar os efeitos não carbônicos das florestas sobre o clima em estratégias nacionais de mitigação e adaptação.

Recentemente, o Chile atualizou elementos de sua Contribuição Determinada Nacionalmente (Nationally Determined Contribution, NDC) [aprimorada](#), que já era [aclamada como exemplo para outros países](#), para as metas do Acordo de Paris. Agora, uma análise de como os efeitos não carbônicos das florestas sobre o clima poderiam ser integrados aos compromissos do Chile apresenta um estudo de caso esclarecedor das oportunidades adicionais de ação, provavelmente comuns a muitos países que são [Parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas \(UNFCCC\)](#).

NÃO É APENAS CARBONO: OS EFEITOS BIOFÍSICOS DAS FLORESTAS SOBRE O CLIMA

O relatório *Not Just Carbon: Capturing [All](#) the Benefits of Forests for Stabilizing the Climate from Local to Global Scales*, do WRI, traz um resumo do crescente volume de pesquisas que têm revelado que as florestas interagem com a atmosfera de várias formas, não apenas no ciclo do carbono global. Além de afetarem o clima global através da troca de carbono com a atmosfera, as florestas influenciam as temperaturas e os padrões de chuvas nas escalas global e local por meio de quatro processos biofísicos não carbônicos principais:

- O albedo, ou a quantidade de energia solar que é refletida no espaço a partir de uma superfície específica, afeta a quantidade dessa energia que é absorvida. Superfícies claras devolvem grande parte da energia solar à atmosfera, podendo causar um efeito de resfriamento (alto albedo). Superfícies escuras absorvem os raios solares, podendo ter um efeito de aquecimento (baixo albedo). Regiões cobertas por árvores verde-escuras absorvem mais energia que regiões cobertas por neve, culturas ou solos expostos, aquecendo o ar à medida que as folhas liberam esse calor, assim como o calor que irradia de pistas asfaltadas.

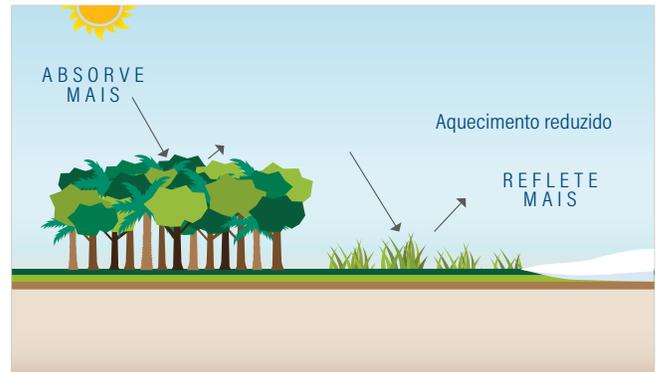
- A evapotranspiração, ou a função das árvores de liberar umidade no ar, produz um efeito de resfriamento. Isso acontece quando a água evapora da superfície de folhas, bem como quando a água extraída das raízes de árvores é liberada através de poros microscópicos das folhas. Esses processos atuam como condicionamento natural do ar, resfriando a superfície da Terra e o ar próximo a ela.
- A aspereza da superfície, ou a irregularidade da cobertura florestal, afeta a velocidade e a turbulência do vento. Essa turbulência ajuda a elevar o calor e umidade da superfície da Terra, gerando um efeito de resfriamento.
- Aerossóis são pequenas partículas que as florestas liberam, como o pólen. As árvores também liberam compostos químicos, como os que dão às árvores de Natal aquele aroma característico. Estas partículas e compostos interagem com a atmosfera de formas complexas, alterando, por exemplo, a concentração de ozônio e nitrato, e afetando a cor das nuvens.

Figura 1 | Quatro efeitos não carbônicos de florestas no clima

AEROSSÓIS



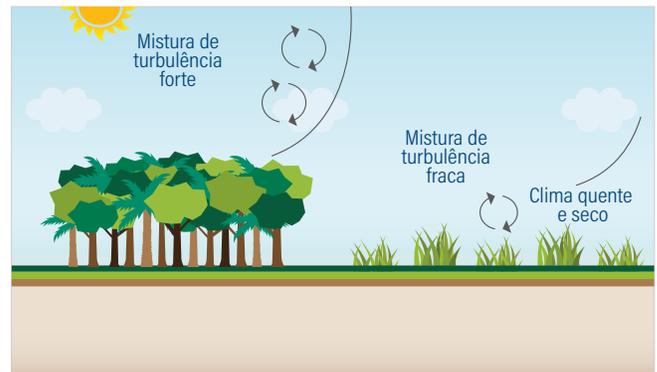
ALBEDO



EVAPOTRANSPIRAÇÃO



ASPEREZA DA SUPERFÍCIE



Fonte: adaptado de Wolosin and Harris, 2018.

Juntos, esses fluxos de energia, umidade, partículas e compostos podem interagir para gerar a cobertura de nuvens que, por sua vez, aumenta o albedo, fazendo com que mais energia solar seja refletida no espaço e gerando um efeito de resfriamento.

O desmatamento interfere nesses processos biofísicos das florestas, e os efeitos dessa interferência são sentidos em escalas global, regional e local.

Em escala global, o desmatamento de florestas tropicais contribui 50% a mais com o aquecimento global do que apenas a contagem de carbono sugere. Os efeitos líquidos globais do resfriamento ou aquecimento dependem da latitude das florestas. As Florestas tropicais produzem um grande impacto no resfriamento global quando se consideram os efeitos biofísicos, o que indica que a perda dessas florestas contribui fortemente com o aquecimento global.

Em escala regional, o desmatamento pode reduzir a precipitação na direção do vento, gerando implicações para as chuvas até mesmo entre fronteiras nacionais. As florestas tropicais agem como “bacias de precipitação” que podem abranger fronteiras nacionais e regular as chuvas em escalas local e regional. Por exemplo: o desmatamento da parte brasileira da Floresta Amazônica afeta as chuvas na Bolívia, no Uruguai, no Paraguai e na Argentina. Essa interferência nos padrões de chuva pode aumentar o risco de seca, de formas que ameaçam as seguranças alimentar e hídrica.

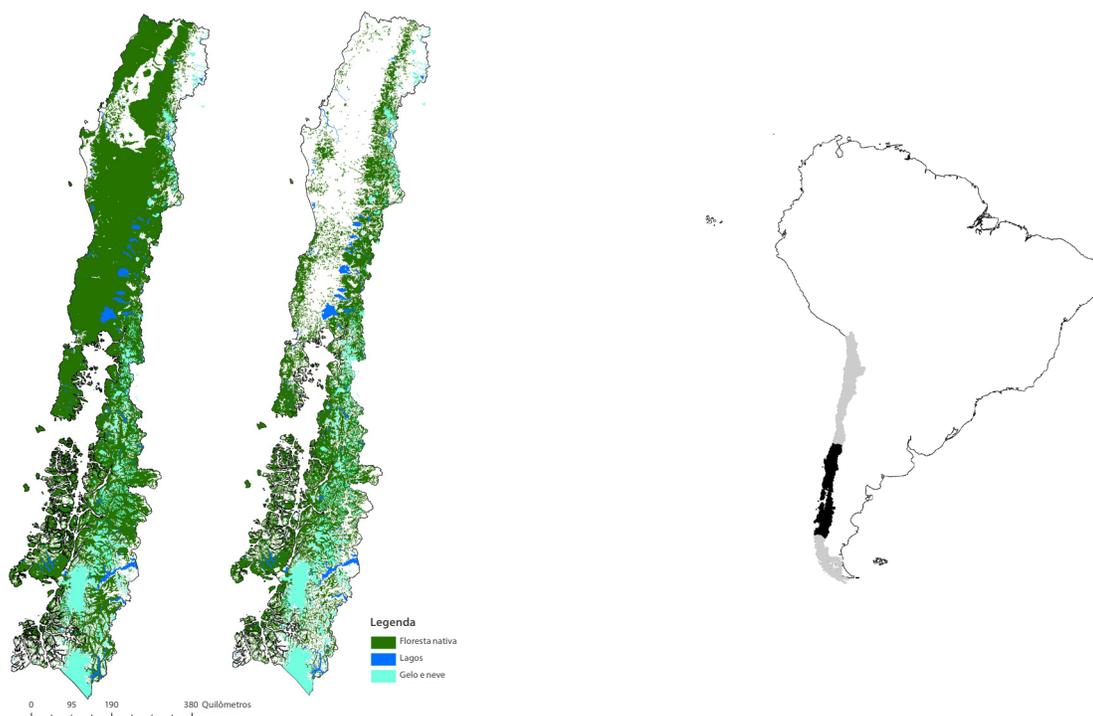
Em escala local, o desmatamento pode causar um aumento significativo nas temperaturas médias e extremas locais. Por exemplo: embora o efeito do aquecimento por efeito estufa cause um aumento médio de apenas 1 °C até o momento, a parte mais quente do dia pode ficar acima de 7,6 °C em comunidades locais que perderam o benefício de resfriamento das florestas. Esse aumento local na temperatura causado pelo desmatamento intensifica o efeito estufa em escala global, aumentando consequentemente o estresse térmico em humanos, culturas agrícolas e rebanhos.

COMO OS EFEITOS NÃO CARBÔNICOS DO DESMATAMENTO AFETARAM O CLIMA NO CHILE?

O Chile tem alguns dos climas mais variáveis do mundo, devido a extensa amplitude da latitude, altitude e dos regimes de umidade. Esses vários climas sustentam uma rica combinação de tipos de florestas, incluindo florestas esclerofilicas, decíduas e perenes mistas, e são considerados importantes para a biodiversidade. Semelhante à maioria dos países com abundância de florestas, as florestas do Chile sofreram pressão significativa pelas atividades humanas, com a perda de mais de 40% da cobertura florestal do Chile nos últimos séculos. De acordo com a Global Forest Watch, o Chile sofreu redução de 12% na cobertura arbórea desde 2000.

No Chile, a floresta esclerofilica e a cobertura de arbustos (também chamada de *matorral*), localizada na região central do país, foram particularmente afetadas, perdendo mais de 80% de sua extensão original do ecossistema natural. Como mostrado na Figura 2, a mudança no uso da terra, que afeta todos os tipos de florestas, se concentra nas terras baixas, onde a conversão florestal abriu vastas áreas para pastagem e cultivo, impulsionando o desenvolvimento econômico.

Figura 2 | Cobertura florestal nativa histórica (1550; esquerda) e recente (1997; direita) na Ecorregião da Floresta Tropical Valdivina, no centro-sul do Chile



Fonte: Luque et al. 2010.

Nos últimos anos, o centro-sul do Chile foi gravemente afetado pelas mudanças climáticas, com temperaturas recordes e déficits médios de chuva de 20% a 40% durante os chamados anos de **mega seca**, entre 2010 e 2018, com condições de seca continuando até o presente. Essas mudanças tiveram grandes consequências para o setor agrícola e de pecuária, incluindo a **redução de 50%** na área de cultivo de trigo e a morte relacionada à seca de quase 34.000 cabeças de gado em 2019.

Tais aumentos na temperatura média e extrema também têm implicações para a saúde humana, elevando o risco de **exposição ao estresse por calor**.

Embora as mudanças nos padrões climáticos do Chile sejam **atribuídas** a mudanças no clima global, incluindo o aumento das temperaturas dos oceanos, os efeitos biofísicos locais do desmatamento provavelmente contribuíram para esses impactos. Um estudo descobriu que a conversão do matorral chileno gerou um aumento médio de 1,4 °C na temperatura da superfície, durante a estação seca, e de até 4 °C nas áreas centrais, onde as plantações e pastagens substituíram a vegetação nativa. Esses achados se alinham aos **estudos anteriores**, que relatam aumentos de temperatura de 0,18 °C por década no Vale Central do Chile entre 1979 e 2006. Juntos, esses achados sugerem que as práticas de gestão do matorral chileno poderiam ser um fator significativo na mitigação ou piora dos impactos das mudanças climáticas na agricultura e no gado.

COMO MELHORAR AS POLÍTICAS CLIMÁTICAS DO CHILE PARA INCORPORAR OS EFEITOS NÃO CARBÔNICOS DAS FLORESTAS AO CLIMA?

O Chile tem várias estruturas políticas relevantes para as florestas e o clima. Por exemplo, o país desenvolveu um programa nacional de **redução de emissões com desmatamento e degradação florestal (REDD+)** e definiu metas ambiciosas de mudança climática em seu **NDC** sob o Acordo de Paris. O NDC do Chile inclui um pilar social, para garantir transição justa, metas absolutas de redução de emissões de gases do efeito estufa, alinhadas à trajetória rumo à neutralidade de carbono até 2050, e um forte conjunto de políticas de adaptação. Essas políticas de adaptação fazem parte de uma abrangente estrutura regulatória de mudanças climáticas, que consiste na Lei de Estrutura de Mudanças Climáticas, a Estratégia Climática de Longo Prazo, o Plano Nacional de Adaptação, planos de adaptação para setores prioritários da economia e planos de adaptação regionais, a serem desenvolvidos até 2030. Além disso, vários estudos de risco climático e vulnerabilidade estão sendo atualizados e expandidos para se alinhar às metas do NDC, com o objetivo de fornecer uma base científica sólida para apoiar essa estrutura de políticas de adaptação e suas medidas de implementação.

Cumprir os atuais compromissos de proteger e restaurar as florestas do Chile, incluindo abordar barreiras legais e financeiras para isso, seria o primeiro passo para capturar o conjunto completo de benefícios florestais para o clima. No entanto, essas e outras estruturas e ferramentas políticas podem ser melhoradas, para abordar mais sistematicamente os efeitos biofísicos e os impactos associados da mudança na cobertura florestal.

O NDC pode direcionar melhor os efeitos não carbônicos das florestas

Há várias oportunidades para o Chile abordar melhor os efeitos biofísicos do desmatamento, degradação e restauração por meio de seu NDC, fortalecendo, ajustando ou adicionando novos alvos. Por exemplo:

- Se totalmente cumpridas, as ambiciosas metas do NDC do Chile já ajudariam a mitigar os efeitos biofísicos do desmatamento ao proteger as florestas, mas esses compromissos poderiam ser reforçados e expandidos. Em 2020, o Chile se comprometeu a gerenciar de forma sustentável 200.000 hectares (ha) de florestas nativas e reduzir as emissões de degradação e desmatamento em 25%. Ao fazer isso, o Chile espera reduzir entre 3,9 e 4,6 toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂) anualmente, até 2030. Juntamente com a remoção de CO₂ por florestas em pé e em crescimento, essas medidas manteriam e aumentariam o resfriamento biofísico em escalas locais, muito além dos níveis de negócios habituais, mas há o potencial de aumentar essas medidas para oferecer muito mais benefício climático local.
- O Chile também se comprometeu a plantar 200.000 hectares de novas florestas até 2030, com 70.000 hectares a plantar com espécies nativas. Essa meta permite, implicitamente, plantações de florestas exóticas nos 130.000 hectares restantes. Estudos de **paisagens análogas** sugerem benefícios climáticos limitados com plantações exóticas de pinheiros, que já **cobrem 1,3 milhão de hectares** no Chile, devido ao seu menor albedo em relação às florestas nativas. Consequentemente, a consideração dos efeitos biofísicos das florestas poderia apoiar o ajuste desta meta a favor de espécies nativas, para alcançar maiores efeitos de resfriamento. Independentemente do tipo de espécie, os especialistas estão preocupados com as chances de o Chile cumprir essa meta sem incentivos governamentais adicionais, e não houve sinais claros das autoridades para criar essas políticas ou mecanismos. Consequentemente, os benefícios climáticos não carbônicos de ter mais florestas também podem forçar as autoridades a implementar esquemas de incentivo ausentes.
- A NDC pode incluir uma meta direta para evitar efeitos climáticos locais adversos, devido ao desmatamento e degradação. Por exemplo, uma meta direta poderia ser reduzir o aquecimento biofísico local, induzido por desmatamento, a uma determinada porcentagem e poderia, portanto, ser adicionado à seção de adaptação da NDC. Para que isso seja viável, o aquecimento produzido pela mudança da cobertura arbórea no Chile teria que ser quantificado localmente. Os dados dessa escala ainda não estão disponíveis para o Chile, mas a capacidade de gerar esses dados já existe e uma nova meta ao longo dessas linhas poderia incentivar essa pesquisa.

A estratégia climática de longo prazo pode ser ampliada e replicada

O Chile apresentou sua [estratégia climática de longo prazo](#) na COP26, em 2021. A estratégia amplia as metas climáticas da NDC para além de 2030, por meio de metas a serem alcançadas até 2050. A Estratégia, exigida para todas as Partes da UNFCCC pelo artigo 4.19 do Acordo de Paris, foi desenvolvida com foco especial em [soluções baseadas na natureza](#), incorporando metas relacionadas à natureza para todos os setores econômicos. Vários alvos são indiretamente relevantes para mitigar os efeitos biofísicos do desmatamento:

- No setor de biodiversidade, a Estratégia se compromete a expandir o sistema de área protegida em 1 milhão de hectares, priorizando ecossistemas sub-representados e áreas identificadas como refúgios climáticos para a biodiversidade. [Estudos recentes](#) confirmam áreas protegidas como tampões térmicos eficazes, reduzindo temperaturas em comparação com seu entorno.
- Outra meta inclui a restauração de serviços ecossistêmicos selecionados em 2,5 milhões de hectares até 2050, em linha com o [Plano Nacional de Restauração de Paisagens 2021-2030](#). Muitas dessas atividades [provavelmente restabeleceriam os benefícios do resfriamento local](#) e poderiam ser direcionadas a áreas onde as necessidades de adaptação climática são maiores, para proteger a agricultura e a saúde humana.
- Embora essas metas não tenham sido definidas com os efeitos biofísicos favoráveis das florestas no clima em mente, elas podem ser medidas eficazes para restaurar esses efeitos. Portanto, elas poderiam ser ampliadas no Chile e seus benefícios climáticos não carbônicos esperados poderiam ser analisados e incluídos a documentos como a Estratégia Climática de Longo Prazo. Como a estratégia deve ser atualizada a cada 10 anos, a próxima oportunidade para esses ajustes será em 2031.

Ferramentas orientadas por dados podem ajudar a identificar áreas em risco de aquecimento não carbônico

Para apoiar as políticas estabelecidas na NDC e na Estratégia Climática de Longo Prazo, o Chile desenvolveu uma nova plataforma de avaliação de risco de mudanças climáticas, [ARClim](#), com dados atualizados sobre como as mudanças climáticas afetarão o território chileno. Esta plataforma é uma ferramenta digital aberta ao público, que rastreia os impactos das mudanças climáticas na temperatura, precipitação, ventos, radiação, pressão atmosférica e umidade, com resolução espacial de 5 quilômetros. Juntamente com esses dados, a plataforma ARClim também oferece mapas de risco para setores econômicos afetados pelo clima, como a agricultura, identificando áreas onde as medidas de adaptação devem ser priorizadas.

O desenvolvimento e o uso da plataforma ARClim são estipulados pela Lei da Estrutura de Mudanças Climáticas do Chile, e todos os planos de ação regionais e setoriais, além da Estratégia Climática de Longo Prazo, são baseados nas informações disponíveis no ARClim. Portanto, o ARClim poderia ser expandido para incluir o desmatamento e seu efeito no aumento da temperatura, e essas informações poderiam então ser usadas na tomada de decisões para priorizar ações¹. Por exemplo, parte das medidas de adaptação poderia incluir a criação de novas áreas protegidas e/ou melhor manejo florestal sustentável, com base no risco de aquecimento dos efeitos biofísicos do desmatamento identificados pelo ARClim.

Estratégias REDD+ nacionais podem fortalecer suas medidas de sucesso por meio dos benefícios climáticos não carbônicos das florestas

A [Estratégia Nacional de Mudanças Climáticas e Recursos Vegetais 2017-2025](#) (*Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales*; ENCCRV) é a estratégia desenvolvida pela Corporación Nacional Forestal (CONAF), autoridade nacional de silvicultura do Chile, para orientar as atividades REDD+ com o objetivo de mitigar e se adaptar às mudanças climáticas. Essas atividades buscam reduzir as emissões do desmatamento e degradação florestal, bem como promover a restauração, o reflorestamento e o manejo florestal sustentável.

Os objetivos do ENCCRV, de reduzir a vulnerabilidade social, ambiental e econômica dos recursos vegetais e das comunidades humanas, causadas pela mudança climática, se alinham à prevenção do aquecimento biofísico em diferentes escalas. No entanto, as metas e indicadores de desempenho do ENCCRV não levam em consideração os benefícios climáticos biofísicos das florestas. Embora o [Sistema de Medição e Monitoramento do ENCCRV](#) mencione vários indicadores para benefícios ambientais e sociais das florestas, o único indicador atual para mitigação das mudanças climáticas é baseado nas emissões de carbono e sequestros da vegetação. Ao incluir os benefícios climáticos biofísicos como indicadores de desempenho, o ENCCRV poderia melhorar a execução de atividades de conservação e restauração no solo.

Tal abordagem também é relevante para o projeto do ENCCRV de pagamentos baseados em resultados, [+Bosques](#), que pretende implementar atividades de restauração e conservação em 25.000 hectares com investimento de US\$ 63 milhões. Essas atividades também podem ter impacto sobre a regulação das temperaturas locais, um benefício que ainda não foi reconhecido como adicional a outros benefícios sociais do programa.

Se os benefícios climáticos biofísicos das florestas forem incorporados como indicadores de desempenho REDD+, todo o potencial climático da proteção e restauração florestal pode ser mais bem avaliado, contabilizado, apreciado e até mesmo recompensado por mecanismos

financeiros e de mercado baseados em resultados. Tal quantificação, avaliação e reconhecimento pelo mercado tornariam esses tipos de soluções baseadas na natureza ainda mais atraentes para os tomadores de decisão.

Planos de desenvolvimento subnacionais podem permitir a implementação de ações no local

Os governos locais e regionais podem usar recursos de forma mais eficiente e criar intervenções mais direcionadas. O Chile está dividido em 16 regiões e 346 comunas, todas com diferentes estruturas de políticas públicas. Cada região desenvolve uma estratégia de desenvolvimento regional a cada 10 a 20 anos, definindo seus objetivos sociais, econômicos, culturais e ambientais, além de planos de ação para esse período. Esses objetivos gerais e planos de ação são então canalizados para planos de desenvolvimento comunais, que definem ações concretas em locais específicos a serem realizadas pelos municípios. Por exemplo, a comuna de Futrono alocou financiamento especificamente para preservar uma floresta de propriedade do município.

Se os efeitos biofísicos localmente importantes das florestas no clima fossem incluídos a essas estratégias subnacionais, e traduzidos em planos de desenvolvimento concreto, poderiam ajudar a garantir mais recursos financeiros e maior apoio político para atividades de conservação e restauração florestal, incluindo de proprietários privados de terras, com implementação mais fácil e eficiente.

Mais pesquisas podem permitir a quantificação dos efeitos não carbônicos do desmatamento às temperaturas locais

Como a maioria dessas políticas exige indicadores quantitativos para a avaliação de seu desempenho, mais pesquisas são necessárias no Chile para quantificar os efeitos específicos da mudança dos aumentos da temperatura local na cobertura florestal. Uma métrica robusta, relacionando hectares adicionados à cobertura florestal ao nível e extensão geográfica de um efeito de resfriamento local, ajudaria a permitir que as políticas nacionais incluíssem esses benefícios climáticos biofísicos.

COMO O EXEMPLO DO CHILE ILUMINA OPORTUNIDADES EM OUTROS PAÍSES?

Há muitas políticas e ferramentas que o Chile pode usar para evitar os efeitos biofísicos adversos do desmatamento sobre o clima, e melhorar os efeitos benéficos pela restauração florestal, em seu território, cumprindo seus vários compromissos e ajustando as metas, medidas, impactos e indicadores relacionados aos efeitos biofísicos das florestas. Essas intervenções e as formas de melhorá-las podem ser aplicadas por outros países, pois as estruturas políticas mencionadas para o exemplo do Chile estão sendo implementadas pela maioria dos países do mundo. Por exemplo:

- As **NDCs** consistem em uma estrutura obrigatória de estratégias, planos e metas autodeterminadas, que as Partes da UNFCCC relatam regularmente conforme o Acordo de Paris.
- Da mesma forma, dezenas de países em desenvolvimento estão implementando estratégias REDD+ em escala jurisdicional e relatando seu progresso em relação a padrões desenvolvidos para mercados financeiros e de carbono baseados em resultados, como aqueles desenvolvidos pelo **Fundo de Carbono da Forest Carbon Partnership Facility**, o **Green Climate Fund** e a **Architecture for REDD+ Transactions**.
- Por fim, em muitos países, os governos formulam e implementam estratégias de desenvolvimento e planos de adaptação de baixas emissões, com iniciativas internacionais como a **Governors' Climate and Forests Task Force** fornecendo apoio e plataformas para desenvolver comunidades de prática.

Essas intervenções são um subconjunto das maneiras **já discutidas** de como as Partes da UNFCCC podem agir sobre os benefícios climáticos não carbônicos das florestas.

A tabela a seguir resume as estruturas e oportunidades políticas comuns para integrar os efeitos não carbônicos das florestas ao clima.

Tabela 1 | Estruturas políticas com oportunidades para os países incorporarem efeitos não carbônicos de florestas

POLÍTICA PARA CLIMA/ SILVICULTURA	ITEM	EXEMPLOS NO CHILE	OPORTUNIDADE
Contribuição determinada nacionalmente	Planos, plataformas e estruturas nacionais de adaptação	<p>Lei da estrutura de mudanças climáticas</p> <p>Plano nacional de adaptação</p> <p>Planos de adaptação para setores econômicos prioritários (exemplo do setor agrícola)</p> <p>Planos regionais de adaptação (exemplo da região de Los Ríos)</p> <p>Plataforma ArClim</p>	Desenvolvimento de ferramentas de risco climático incorporando impactos climáticos biofísicos do desmatamento
	Metas e planos relacionados à floresta	<p>Contribuição determinada nacionalmente do Chile (atualização de 2020)</p> <p>Aprimoramento da contribuição determinada nacionalmente do Chile (novembro de 2022)</p> <p>Plano Nacional de Restauração do Paisagem, 2021-2030</p>	Fortalecer, ajustar e adicionar novas metas de proteção e planos de restauração relacionados à floresta
	Estratégia climática de longo prazo	Estratégia climática de longo prazo do Chile	Reajustar as metas para capturar os benefícios climáticos biofísicos das florestas
REDD+ Jurisdicional	Estratégia REDD+	<p>Estratégia Nacional de Mudanças Climáticas e Recursos Vegetais (ENCCRV)</p> <p>Sistema de medição e monitoramento da ENCCRV</p>	Aproveitar os resultados climáticos biofísicos como benefícios adicionais dos projetos
	Projetos de pagamento baseado em resultados	Projeto +Bosques	
Planos de desenvolvimento subnacionais	Estratégias de desenvolvimento regional	Estratégia de desenvolvimento regional (exemplo da região de Los Ríos)	Incluindo efeitos biofísicos para aumentar o apoio político a medidas
	Planos de desenvolvimento locais	Plano de desenvolvimento comunal (exemplo da comuna de Futrono)	

Fonte: autores do WRI.

Como muitos países já estão implementando essas políticas, planos e estratégias, e espera-se que as atualizem regularmente, as oportunidades identificadas para o Chile podem inspirar os formuladores de políticas nesses países a considerar o desmatamento como um perigo climático acima e além das emissões de carbono resultantes.

Reconhecer os benefícios biofísicos das florestas para o clima, nacional e localmente, pode aumentar o impulso para medidas urgentes de conservação e restauração florestal em todo o mundo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de reconhecer as revisões úteis de Mike Wolosin, Jose Antonio Prado, Daniel Felipe Alvarez Latorre, Georgina del Pilar Trujillo Meneses e Rene Zamora.