

# Precificação de emissões de carbono e desdobramentos para a cadeia produtiva do concreto

FERNANDA BELIZARIO-SILVA – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

VANDERLEY JOHN – ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/ INCT TECNOLOGIAS CIMENTÍCIAS ECO-EFICIENTES AVANÇADAS

O aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos é uma consequência já perceptível do aquecimento global. A temperatura média do planeta está 1°C acima dos níveis prévios à revolução industrial, o que corresponde a um aquecimento sem precedentes em pelo menos 2000 anos [1]. Se nada for feito, os modelos indicam um aquecimento acima de 2°C já em 2050 e acima de 3°C até 2100 [1], o que, nas palavras do “*The Economist*”, significará que os seres humanos não estarão seguros em nenhum lugar do planeta [2]. Para evitar esse cenário, é urgente reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE), sobretudo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Os custos decorrentes desses eventos climáticos extremos já estão sendo pagos pela sociedade, no reparo de infraestruturas danificadas, secas que afetam o abastecimento de água, incêndios que destroem florestas, biomas e comunidades, blecautes de energia durante ondas de calor extremo, entre outros. Trata-se de um exemplo da tragédia dos comuns (*tragedy of the commons*) [3], em que a busca por benefícios privados legítimos levam a um dano coletivo pelo qual todos pagam, inclusive aqueles que não usufruem dos benefícios.

A precificação das emissões de gases de efeito estufa, ou simplesmente “precificação do carbono”, tem por objetivo internalizar esses custos nos negócios responsáveis pelas emissões, reduzindo a competitividade

de atividades poluentes e tornando mais competitivas as tecnologias de baixo carbono [4]. Os recursos advindos da precificação das emissões de carbono podem ser utilizados para financiar o desenvolvimento de novas tecnologias e, até mesmo, subsidiar o emprego destas, acelerando sua penetração no mercado.

Este artigo tem como objetivo apresentar um panorama sobre a precificação das emissões de carbono, incluindo os principais conceitos relativos a este assunto, e discutir possíveis desdobramentos para a cadeia produtiva do concreto no Brasil.

## 1. MECANISMOS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO

### 1.1 Impostos ou taxas sobre emissões de carbono

Nesse mecanismo, o governo estabelece um “preço” sobre as emissões de GEE provenientes de determinadas atividades, por exemplo, a produção de combustíveis fósseis. Os recursos arrecadados com esses impostos podem ser investidos em tecnologias de baixo carbono.

### 1.2 Mercados de créditos de carbono

Nos mercados de “créditos” de carbono, empresas que emitem GEE abaixo de determinadas metas ou capturem/removam GEE da atmosfera podem vender os “créditos de carbono” para empresas

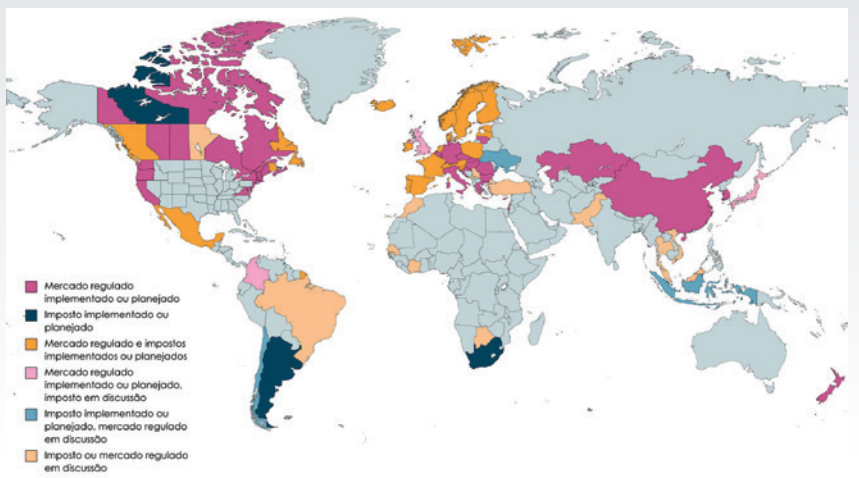
que estejam emitindo acima de determinadas metas ou que queiram voluntariamente compensar suas emissões. O crédito comercializado é medido em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (t CO<sub>2e</sub>), unidade que pondera os GEE pelo seu potencial de contribuição para o aquecimento global. O preço da emissão de carbono é definido pelo mercado, em função da oferta e da demanda, podendo também ser afetado por especulação.

#### 1.2.1 MERCADOS DE CARBONO REGULADOS

Nos mercados de carbono regulados, também conhecidos pela sigla ETS, de *Emissions Trading System* ou pelo termo *cap-and-trade*, as entidades reguladoras, normalmente governos, definem limites máximos de emissão (*cap*) compulsórios para setores intensivos em carbono. As permissões de emissão são distribuídas ou leiloadas entre as empresas. Caso uma empresa emita menos do que o permitido, ela pode vender o seu excedente (*trade*) para outra empresa que emita mais do que o permitido, de modo que o setor como um todo reduza suas emissões de GEE [5].

#### 1.2.2 MERCADOS DE CARBONO VOLUNTÁRIOS

Nos mercados de carbono voluntários, os “créditos de carbono” são adquiridos voluntariamente, por uma questão de reputação das empresas, sobretudo com o crescimento do



► **Figura 1**

Mapa das iniciativas de impostos e mercados regulados de carbono (ETS) no mundo. No Brasil, a precificação de carbono encontra-se em análise. Adaptado do mapa de iniciativas de precificação de carbono do Banco Mundial [8]

movimento de governança ambiental, social e corporativa (ESG – *Environmental, Social, and Corporate Governance*) [6]. Nessa modalidade, empresas que demonstrem que reduziram suas emissões ou que removeram GEE da atmosfera - por exemplo, com a plantação de florestas - podem gerar unidades de “redução/remoção verificada de emissões” (RVE), termo técnico para o “crédito de carbono” [5]. Os créditos de carbono podem então ser adquiridos por empresas que queiram compensar suas emissões (*offset*). Para isso, a empresa que faz a compensação precisa “aposentar” o crédito adquirido, para que a mesma unidade de crédito não seja utilizada para compensar mais de uma unidade de emissão [7]. Os créditos recebem números de série e os sistemas de comércio possuem mecanismos de rastreabilidade que visam garantir a integridade das transações e evitar duplo crédito [6].

## 2. PANORAMA DA PRECIFICAÇÃO DE CARBONO

### 2.1 Panorama mundial

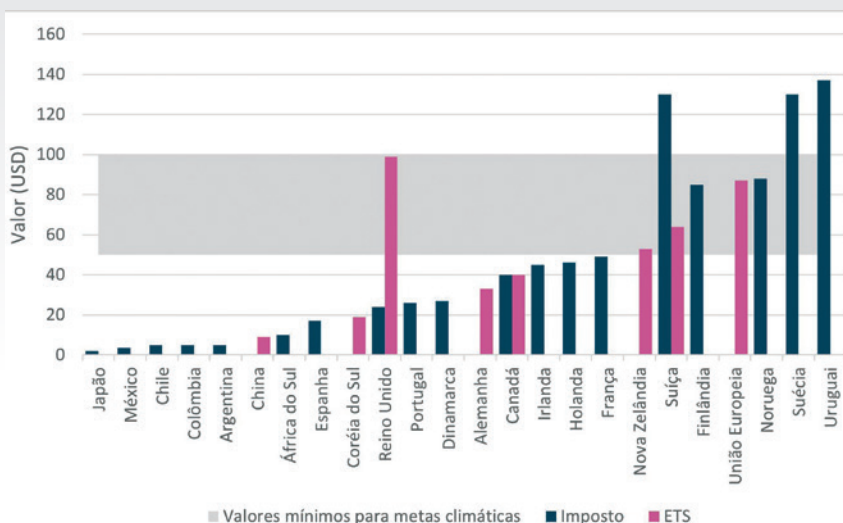
De acordo com o Banco Mundial, em 2021 havia 68 iniciativas compulsórias de precificação de carbono em operação no mundo, sendo 37 de tributação e 34 mercados regulados de carbono, que juntos cobrem aproximadamente 23% das

emissões globais de GEE (Figura 1). Além disso, os mercados voluntários movimentaram 362 milhões de “créditos de carbono” em 2021 [8].

O preço da emissão de uma tonelada de carbono equivalente é bastante variável – de menos de USD 1/tCO<sub>2e</sub> a USD 137/tCO<sub>2e</sub> – como mostra a Figura 2, que considera iniciativas de impostos e mercados regulados de carbono. Nos mercados voluntários, o preço médio em 2021 foi de USD 3,82/tCO<sub>2e</sub>. Estimativas apontam que, para gerar uma redução das emissões de GEE condizente com as metas do Acordo de Paris, o preço das emissões de carbono deveria estar entre USD 50/tCO<sub>2e</sub> e 100/tCO<sub>2e</sub>. Entretanto, embora os preços estejam aumentando, menos de 4% das emissões mundiais de GEE estão precificadas dentro ou acima desta faixa [8].

Os recursos captados por impostos e mercados regulados de carbono geraram uma arrecadação total estimada em USD 84 bilhões no ano de 2021 [8].

Um marco importante para a precificação do carbono foi a regulamentação do Artigo 6º do Acordo de Paris em 2021, que estabelece as



► **Figura 2**

Preços (em dólares) de uma tonelada de CO<sub>2e</sub>, em 1º de abril de 2022. Adaptado de estimativa do Banco Mundial [8]

regras para o comércio internacional de emissões, que até então era restrito a empresas e a algumas iniciativas, como o mercado regulado europeu (EU-ETS). O Artigo 6º permite que países adquiram permissões de emissão de outros países para cumprirem as metas estabelecidas em suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC – *Nationally Determined Contribution*), por meio de um instrumento denominado ITMO (*Internationally Transferred Mitigation Outcomes*). O país que adquire o ITMO pode deduzir as emissões de suas emissões nacionais, enquanto o país que vende o ITMO precisa acrescentar as emissões vendidas às suas emissões nacionais. Entretanto, ainda leva tempo até que esse comércio internacional de emissões seja operacionalizado [8].

## 2.2 Panorama nacional

Em maio de 2022, o Governo Federal publicou o Decreto nº 11.075, que estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Sinare). Embora o decreto mencione o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), ele não estabelece as regras de operação desse mercado, nem a metodologia para quantificação e certificação das reduções de emissões de GEE.

O decreto atribui a cada setor o estabelecimento de suas próprias metas de redução, o que pode gerar inconsistências no grau de ambição climática entre setores e descolamento das metas previstas na contribuição brasileira para o Acordo de Paris. Além disso, o prazo para definição das metas setoriais é curto – apenas 180 dias a partir da publicação do decreto, prorrogáveis por igual período – sobretudo considerando-se que, exceto para o setor de cimento, ainda faltam aos demais setores econômicos o

estabelecimento da linha de base de emissões, o que exige elaborar inventários em uma amostra representativa do mercado. Essa linha de base é fundamental para a definição das metas de mitigação, que implicam em negociação setorial e com órgãos governamentais.

Há também um projeto de lei em tramitação no Legislativo (PL 528/2021) que trata da regulamentação do MBRE.

Sendo assim, o Brasil ainda não tem iniciativas reguladas de precificação de carbono, mas há empresas que operam no mercado voluntário, seja gerando créditos por meio de projetos de redução de emissões ou remoção de GEE da atmosfera, seja adquirindo créditos para compensação de emissões.

## 3. QUESTÕES SOBRE A PRECIFICAÇÃO DE CARBONO

Há diversos debates sobre a melhor forma de precificar as emissões de carbono e sobre a eficácia desses instrumentos para limitar o aquecimento global. A seguir, apresentam-se algumas das principais questões identificadas para as diferentes estratégias de precificação.

### 3.1 Imposto sobre emissões de carbono

No caso do imposto sobre carbono, o valor ou a taxa são conhecidos de antemão e se refletem diretamente no preço dos bens e serviços associados a emissões de carbono. Os recursos arrecadados pelo Estado com os impostos podem ser utilizados para apoiar iniciativas de sustentabilidade.

Por outro lado, a criação de impostos em geral é uma medida impopular, que pode enfrentar resistência tanto da população quanto de setores econômicos [9]. Além disso, os impostos de carbono podem ter um impacto proporcionalmente maior sobre a população de baixa renda, o que levanta questões sobre justiça social, uma vez que essa população em geral tem meno-

res emissões de CO<sub>2</sub> per capita. Entretanto, os recursos arrecadados com os impostos de carbono podem ser utilizados para corrigir essa assimetria [10].

Outra questão é que, diferentemente dos mercados de carbono, os impostos não estão associados a reduções de emissões de antemão; em outras palavras, caso as pessoas ou empresas paguem pelo custo adicional, as emissões de GEE podem continuar crescendo [10]. A resistência política e a negociação que se segue têm levado em muitos países ao estabelecimento de impostos de valor muito baixo, incapazes de alterar a competitividade das tecnologias de baixo carbono.

### 3.2 Mercados de carbono regulados

No caso dos mercados regulados, há um teto de emissões estabelecido pelo Estado, que não pode ser ultrapassado. Isto traz maior grau de certeza sobre a redução das emissões [4]. Esta cota de emissões é alocada entre as diferentes atividades geradoras de CO<sub>2</sub>. Por outro lado, o valor da tonelada de carbono varia conforme a oferta e a demanda.

A efetividade desse mecanismo para combater as mudanças climáticas depende do quão baixo é o teto estabelecido, bem como de sua redução gradativa ao longo do tempo, que precisa estar alinhada com os compromissos de longo prazo do país. Se o teto for muito alto, o preço pago pelo direito de emitir acima do teto tende a ser mais baixo, o que reduz o incentivo para as empresas mitigarem suas emissões. Quando a economia desaquece, a tendência é o preço do carbono baixar, revertendo parcialmente os ganhos. O estabelecimento de um teto adequado exige um diagnóstico verificável das emissões atuais de cada setor, bem como um *roadmap* consistente que aponte metas de redução de emissão que sejam ao mesmo tempo desafiado-

ras e tecnicamente viáveis.

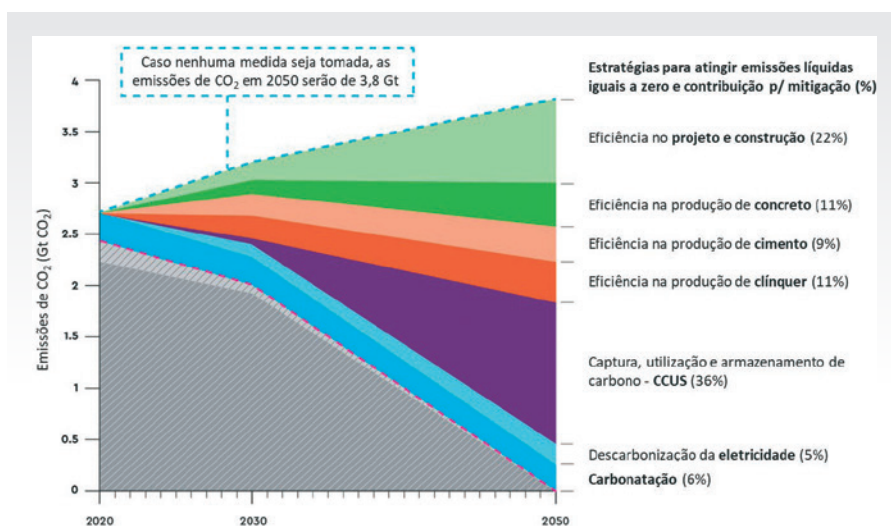
### 3.3 Mercados de carbono voluntários

Embora os créditos do mercado voluntário sejam gerados por reduções ou remoções verificadas de emissões, essa verificação está sujeita a diferentes padrões, mantidos por entidades privadas e não necessariamente consistentes entre si [8].

Além disso, há operações de geração de créditos em que a remoção de GEE é, no mínimo, questionável. Por exemplo, a manutenção de florestas nativas em pé pode gerar créditos de carbono, sob o argumento de que, se não houvesse ganho financeiro, a floresta seria derrubada (“desmatamento evitado”). Entretanto, o que efetivamente remove CO<sub>2</sub> da atmosfera é o aumento da biomassa florestal<sup>1</sup> (de forma duradoura); além disso, há casos em que a taxa base de desmatamento foi superestimada, gerando créditos maiores do que a realidade [11].

Outro ponto problemático é que empresas podem optar por compensar suas emissões antes mesmo de considerar sua redução. Além disso, é sempre mais fácil vender promessas do que entregar resultados: os anúncios de projetos para captura de carbono com plantação de florestas já feitos no Brasil é muito maior que a capacidade de produção de mudas de árvores – insumo obrigatório – e certamente enfrentará limitações de áreas para plantação [12].

Ou seja, a eficácia das estratégias de precificação de carbono requer que elas sejam bem desenhadas e ajustadas ao longo do tempo, frente às respostas dadas pelo mercado. Combinações entre diferentes estratégias podem trazer bons resultados. Além disso, a precificação de carbono não deve ser vista como a única estratégia de descarboniza-



► **Figura 3**

Contribuição das diferentes ações para a cadeia produtiva do concreto atingir emissões líquidas de carbono iguais a zero até 2050, em nível global. Adaptado do roadmap da *Global Cement and Concrete Association* [14]

ção, mas sim integrada a outros instrumentos e políticas públicas, uma vez que as mudanças necessárias para limitar o aquecimento global são de grande escala e permeiam todos os setores da economia [10]. Apenas mecanismos de mercado não são suficientes para enfrentar esse desafio [9].

### 4. DESDOBRAMENTOS PARA A CADEIA PRODUTIVA DO CONCRETO NO BRASIL

A precificação do carbono significa que cimentos, concretos e estruturas mais intensivos em carbono podem se tornar mais caras. Como os efeitos das emissões são globais, a tendência é de convergência dos preços no mercado global. Assumindo um preço de carbono de US\$ 50/t (limite inferior da faixa indicada pelo Banco Mundial) e uma emissão de 0,8 t CO<sub>2</sub>/t clínquer, o imposto de carbono de um cimento com 90% de clínquer será de US\$ 35/t, um significativo

aumento considerando o preço típico internacional do cimento de US\$ 100/t. Esse custo seria repassado para o concreto – o cimento é tipicamente um pouco mais de 50% do custo do concreto usinado – e para os edifícios. Mesmo um preço de carbono de US\$ 30/t (40% abaixo da faixa indicada pelo Banco Mundial) configuraria um forte incentivo à busca da inovação na cadeia de valor. Ou seja, reduzir as emissões de carbono é essencial para a competitividade econômica do setor.

Em um futuro próximo, é provável que iniciativas reguladas de precificação de carbono no Brasil incluam a cadeia produtiva do concreto, uma vez que a Política Nacional de Mudanças Climáticas considera a “indústria da construção” como um dos setores chave para redução de emissões. Além disso, internacionalmente, diversos mercados regulados de carbono contemplam a produção de cimento, por ser uma atividade com altas emissões diretas de CO<sub>2</sub> [8].


<sup>1</sup> Em plantas em crescimento, o CO<sub>2</sub> é absorvido pela fotossíntese e transformado em celulose, hemi-celulose e lignina, que são as moléculas constituintes de troncos, galhos e folhas. Plantas maduras, por outro lado, transformam o CO<sub>2</sub> em glicose durante a fotossíntese, mas emitem o CO<sub>2</sub> pela respiração, de modo que o balanço de CO<sub>2</sub> de plantas maduras é relativamente estável. A destruição da madeira por combustão ou biodeterioração libera CO<sub>2</sub> (ou metano) para a atmosfera novamente.

A indústria brasileira do cimento está preparada, pois já conta com uma linha de base estabelecida no âmbito do *Cement Sustainability Initiative* – que cobre cerca de 2/3 da produção brasileira – e de metas de mitigação baseadas em um *roadmap*, em que se propõe reduzir a intensidade do carbono do cimento (t CO<sub>2</sub>/t) em 33% até 2050. Entretanto, como se projeta um aumento de 65% do consumo de cimento até 2050, as emissões absolutas devem aumentar em 10% no mesmo período (de 40 para 44 milhões t CO<sub>2</sub>/ano) [13]. Cabe observar que a pegada de carbono do cimento brasileiro é hoje uma das menores do mundo.

Sendo assim, para reduzir as emissões totais do setor, como propõe o mais recente *roadmap* da *Glo-*

*bal Cement and Concrete Association* (GCCA) [14], que prevê emissões neutras em 2050, é necessário envolver outros elos da cadeia produtiva do concreto (Figura 3). Ainda falta ao mercado de concreto e de edifícios uma linha de base das emissões atuais e o estabelecimento de metas de redução ao longo do tempo, em um *roadmap* que identifique as tecnologias possíveis para redução das emissões para cada agente, observando, obviamente, os requisitos de desempenho aplicáveis aos materiais e produtos cimentícios.

Quem for mais eficiente em reduzir as emissões de carbono terá custos mais baixos e poderá até vender créditos de carbono para os menos eficientes do ponto de vista das emissões. Esta é uma atividade

de médio prazo que exige produção de conhecimento, capacitação, negociação entre as associações setoriais e órgãos governamentais e a elaboração de *roadmaps* consistentes entre si, para que não haja dupla contabilização das reduções. Isso exige um esforço conjunto da comunidade empresarial, técnica e científica, assim como dos órgãos governamentais competentes, atuando em todas as fases de produção das edificações, desde a fabricação do cimento, passando pela produção do concreto, até o projeto e execução dos empreendimentos, considerando tanto obras de edifícios quanto de infraestrutura. A boa notícia é que os primeiros passos já estão sendo dados pelas lideranças do setor. 

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change - Summary for Policymakers*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009157926.001.
- [2] THE ECONOMIST. A 3°C world has no safe place. *The Economist*, 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.economist.com/leaders/2021/07/24/a-3degc-world-has-no-safe-place>. Acesso em 24 ago. 2022.
- [3] HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, vol. 162, no. 3859, pp. 1243–1248, 1968. DOI: 10.1126/science.162.3859.1243.
- [4] THE WORLD BANK. Pricing carbon. 2022. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon#CarbonPricing>. Acesso em 24 ago. 2022.
- [5] LABORATÓRIO DE INOVAÇÃO FINANCEIRA. Q&A Básico - Mercados Voluntários de Carbono no Brasil. 2022. Disponível em: <https://labinovacaofinanceira.com/wp-content/uploads/2022/06/LAB-QA-Basico-sobre-Mercados-Voluntarios-de-Carbono-no-Brasil.pdf>. Acesso em 24 ago. 2022.
- [6] RESET. Guia RESET de créditos de carbono. 2022. Disponível em: <https://materiais.capitalreset.com/guia-reset-de-creditos-de-carbono>. Acesso em 24 ago. 2022.
- [7] CARBON PRICING LEADERSHIP COALITION. Carbon Pricing Leadership Coalition. 2022. Disponível em: <https://www.carbonpricingleadership.org/> Acesso em 24 ago. 2022.
- [8] THE WORLD BANK. State and Trends of Carbon Pricing 2022. Washington DC: The World Bank, 2022. DOI: 10.1596/978-1-4648-1895-0.
- [9] ROSENBLUM, D.; MARKARD, J.; GEELS, F. W.; FUENFSCHILLING, L. Why carbon pricing is not sufficient to mitigate climate change—and how ‘sustainability transition policy’ can help. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 117, no. 16, pp. 8664–8668, Apr. 2020, DOI: 10.1073/pnas.2004093117.
- [10] ISLAM, R. What a carbon tax can do and why it cannot do it all. *World Bank Blogs*, 2022. Disponível em: <https://blogs.worldbank.org/energy/what-carbon-tax-can-do-and-why-it-cannot-do-it-all> Acesso em 24 ago. 2022
- [11] GREENFIELD, P. Carbon offsets used by major airlines based on flawed system, warn experts. *The Guardian*, 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2021/may/04/carbon-offsets-used-by-major-airlines-based-on-flawed-system-warn-experts> Acesso em 24 ago. 2022.
- [12] VASCONCELLOS, M. Todos querem ser ESG, mas ignoram que vai faltar floresta. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 15 de maio de 2022. [Online]. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/marcos-de-vasconcellos/2022/05/todos-querem-ser-esg-mas-ignoram-que-vai-faltar-floresta.shtml> Acesso em 24 ago. 2022.
- [13] SNIC. Roadmap Tecnológico do Cimento - Potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Rio de Janeiro: SNIC, 2019.
- [14] GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION. Concrete Future – the GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete. 2022. Disponível em: <https://gccassociation.org/concretefuture/> Acesso em 24 ago. 2022