ROADMAP 2050 DA REDE IBERO-AMERICANA PARA NEUTRALIDADE CARBÔNICA DA INDÚSTRIA DOS MATERIAIS CIMENTÍCIOS

2050 Roadmap of the Ibero-American Network for Carbon Neutrality in the Cementitious Materials Industry

Gabriela Barletta Cornetti da Silva
Universidade de Brasília | Brasília, Distrito Federal | gabrielabcs9@gmail.com

Jessica Fall Nogueira Chaves
Universidade de Brasília | Brasília, Distrito Federal | jessicafall@live.com

Lucas de Paula Vasques
Universidade de Brasília | Brasília, Distrito Federal | vasqueslucas7@gmail.com

Yuri Sotero Bomfim Fraga
Universidade de Brasília | Brasília, Distrito Federal | yuri.fraga@unb.br

João Henrique da Silva Rêgo
Universidade de Brasília | Brasília, Distrito Federal | jhenriquerego@unb.br

Resumo

A indústria do cimento é uma das principais fontes de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo significativamente para as mudanças climáticas. Embora seja necessária uma redução global das emissões, as estratégias precisam ser adaptadas às particularidades de cada país. Este artigo analisa as possibilidades de redução de GEE nos países da Rede Ibero-americana para Neutralidade Carbônica da Indústria dos Materiais Cimentícios (RINCIMCI). O estudo examinou os roadmaps de Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Espanha, Peru e Portugal, resultando no roadmap RINCIMCI 2050. As principais medidas identificadas incluem a redução do fator clínquer, uso de combustíveis alternativos e melhorias na eficiência energética. As tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS) são estratégias promissoras, porém requerem investimentos substanciais. O desafio econômico é significativo, pois a produção de cimento com baixa emissão pode elevar os custos, afetando a competitividade. O apoio de políticas públicas é essencial para superar esses obstáculos.

Palavras-chave: Indústria dos materiais cimentícios; Redução das emissões de CO_2; Neutralidade carbônica; Tecnologias CCUS; RINCIMCI.

Abstract

The cement industry is one of the main sources of greenhouse gases (GHG), significantly contributing to climate change. While global emissions reduction is necessary, strategies must be adapted to each country's particularities. This article analyzes GHG reduction possibilities in countries of the Ibero-American Network for Carbon Neutrality in the Cement Materials Industry (RINCIMCI). The study examined roadmaps from Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Spain, Peru, and Portugal, resulting in the RINCIMCI 2050 roadmap. Key measures identified include clinker factor reduction, alternative fuel use, and energy efficiency improvements. Carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technologies are promising strategies but require substantial investments. The economic challenge is significant, as low-emission cement production can increase costs, affecting competitiveness. Public policy support is essential to overcome these obstacles.

Keywords: Cementitious materials industry; Reduction of CO_2 emissions; Carbon neutrality; CCUS technologies; RINCIMCI.

1 INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) vem alertando desde 1990 sobre a relação entre as emissões de gases de efeito estufa (GEE), especialmente o CO_2, e as mudanças climáticas. Embora destaque-se nesse tema, o IPCC não foi o único a apontar os riscos das emissões. Evidências científicas, somadas à pressão da sociedade civil (Giddens; Sutton, 2023), aos impactos visíveis (Nações Unidas Brasil,

2021) e às preocupações econômicas (Mauri, 2015), mobilizaram governos e setores industriais, resultando em acordos internacionais como o Acordo de Paris (CEBDS, 2024).

Estima-se que a indústria do cimento seja responsável por 8% das emissões de CO_2 em escala global (GBC Brasil, 2023). Dado seu impacto e o contexto das mudanças climáticas, a indústria cimenteira assumiu a meta de emissões neutras de CO_2 até 2050, liderada pela *Global Cement and Concrete Association* (GCCA), que publicou o "*2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete*" (GCCA, 2021). Este documento orienta ações-chave e objetivos de médio prazo (2030), destacando a contribuição do concreto frente às mudanças climáticas. A *European Cement Association* (CEMBUREAU), por sua vez, lançou o roadmap "*Cementing the European Green Deal*" (CEMBUREAU, 2021), que detalha a abordagem 5C (clínquer, cimento, concreto, construção e carbonatação) para identificar etapas produtivas com maior potencial de redução de emissões.

A elaboração de roteiros estratégicos, como os mencionados, varia conforme o contexto local, levando em conta políticas públicas, recursos disponíveis e a matriz energética. Seguindo essa lógica, os países da Rede Ibero-americana para Neutralidade Carbônica da Indústria dos Materiais Cimentícios (RINCIMCI), Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Espanha, Peru e Portugal, desenvolveram seus próprios roteiros, adaptados às especificidades da produção e uso do cimento em suas regiões. A RINCIMCI, que integra o Programa Ibero-americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED), visa fomentar a colaboração entre empreendedores e pesquisadores para alcançar a neutralidade carbônica no setor (CYTED, 2024). Este artigo analisa o *Roadmap* Unificado RINCIMCI 2050, um documento que compila os principais elementos dos roteiros nacionais dos países membros. O objetivo é identificar semelhanças e divergências entre as estratégias para alcançar a neutralidade de emissões de CO_2 no setor cimenteiro ibero-americano, contribuindo para uma visão integrada que pode orientar políticas públicas e práticas industriais mais eficazes.

2 METODOLOGIA

A metodologia para a confecção do *Roadmap* Unificado RINCIMCI 2050 foi estruturada da seguinte maneira:

1. Leitura dos *roadmaps* de cada país-membro da RINCIMCI: foram examinados os planos estratégicos de cada país-membro da RINCIMCI;
2. Definição das ações-chave entre os países: foram mapeadas as estratégias comuns para a mitigação das emissões na indústria cimenteira;
3. Descrição das particularidades das estratégias de cada país: dentro das ações-chave, foram analisadas as diferenças na implementação, considerando fatores econômicos, políticos e estruturais de cada país.
4. Análise comparativa das ações críticas para a RINCIMCI: Foram destacadas as iniciativas mais relevantes para cada país, levando em conta sua capacidade de produção cimentícia e outros fatores estratégicos.

3 RESULTADOS E ANÁLISE

Um dos principais resultados do trabalho foi a identificação das ações-chave, que são medidas de redução de emissões de CO_2 comuns a todos os roteiros da RINCIMCI analisados. A execução, entretanto, varia de país para país, em concordância com os recursos disponíveis em cada nação, como: disponibilidade de recursos naturais e alternativos, maturidade tecnológica do parque industrial, capacidade de investimento em novas tecnologias, estrutura do mercado local de cimento, políticas públicas e marco regulatório existentes e infraestrutura energética disponível.

Todos esses fatores influenciam diretamente na produção de cimento, que varia significativamente entre os países membros da RINCIMCI. Considerar essa diferença é essencial para avaliar a efetividade e a representatividade das ações propostas. Por exemplo, países com alta produção, como Brasil, tendem a se beneficiar mais de estratégias como a redução do fator clínquer, enquanto países com produção menor, como Chile, podem focar em medidas mais específicas como de eficiência energética.

A seguir, serão apresentadas as ações-chave, seguidas das particularidades de cada país conforme seu respectivo roteiro. Por fim, será realizada uma análise comparativa, considerando as diferenças na produção de cimento entre as nações e a aplicabilidade das ações-chave em cada contexto.

3.1 AÇÕES-CHAVE

Adições ou substitutos do clínquer: O clínquer, componente base do cimento, é produzido através da calcinação de uma mistura de calcário e argila em altas temperaturas em fornos rotativos. Este processo é responsável por 60-70% das emissões diretas de CO_2 na fabricação do cimento, principalmente devido às reações químicas que ocorrem durante a calcinação. Para reduzir estas emissões, uma estratégia fundamental é a substituição parcial do clínquer por materiais cimentícios complementares, como escória de alto forno e cinzas volantes. Estas substituições não apenas reduzem as emissões de CO_2, mas também promovem o coprocessamento de resíduos industriais e podem melhorar as propriedades do cimento (ABCP; SNIC, 2019).

Uso de combustíveis alternativos/renováveis: Outra fonte significativa de emissões (30-40%) vem da queima de combustíveis nos fornos rotativos. Para minimizar este impacto, a indústria tem buscado combustíveis alternativos e renováveis, como resíduos urbanos, lodo de esgoto e resíduos agrícolas, que também contribuem para o coprocessamento de resíduos (ABCP; SNIC, 2019).

Eficiência energética: A eficiência energética, tanto térmica quanto elétrica, é outro aspecto crucial na redução de emissões. Isso inclui otimizações no processo produtivo, como uso de materiais com baixa umidade, implementação de pré-calcinadores, modernização de equipamentos e *retrofits* nos sistemas de moagem (CSI; ECRA, 2017).

3.2. DESCRIÇÃO DAS PARTICULARIDADES DAS ESTRATÉGIAS DE CADA PAÍS

Para esta etapa, serão analisados os diferentes modos de execução das ações-chave adotados pelos países-membros, considerando também suas metas de redução das emissões diretas, isto é, aquelas que ocorrem diretamente em fontes pertencentes ou controladas pelo respectivo setor cimenteiro nacional.

3.2.1. ARGENTINA

Embora a Argentina não possua um *roadmap* específico para a neutralidade de CO_2 na indústria do cimento, o país adota o Plano Nacional de Mitigação e leis ambientais como a Lei 24.295/93 e a Lei 25.438/01, que integram ações climáticas às estratégias de desenvolvimento. A *Asociación de Fabricantes de Cemento Portland* (AFCP) reforça esse compromisso através de seus informes de sustentabilidade, destacando objetivos como promover o uso responsável do cimento e propor projetos sustentáveis, bem como informando as metas sustentáveis alcançadas. As principais estratégias para reduzir emissões incluem a redução do fator clínquer, melhorias na eficiência energética e o aumento do uso de combustíveis alternativos (AFCP, 2022). Nos informes argentinos não foram encontradas metas de redução para 2050, entretanto, a partir do *roadmap* da *Cement Sustainability Initiative* (CSI) de 2018 (WBCSD, 2018), caso as ações-chave sejam implementadas, estima-se que as emissões diretas totais argentinas diminuirão de 499 kg CO_2/t de cimento (2020) para 370 kg CO_2/t de cimento em 2050.

3.2.2. BRASIL

O "*Roadmap* Tecnológico do Cimento" (ABCP; SNIC, 2019) do Brasil guia a redução das emissões de CO_2 no setor cimenteiro, destacando o desafio de equilibrar as dimensões continentais do país, que geram variações regionais na implementação das ações-chave, com as demandas de desenvolvimento, que requerem grande quantidade de cimento para infraestrutura. As estratégias incluem o uso de adições e substitutos do clínquer, combustíveis alternativos por coprocessamento de resíduos, melhorias na eficiência energética e o desenvolvimento de tecnologias como o CCUS (*Carbon Capture, Utilization and Storage*), que envolve a captura, transporte, utilização e/ou armazenamento de CO_2. É importante destacar que, embora promissora, essa tecnologia ainda enfrenta desafios como alto custo e necessidade de infraestrutura específica. A matriz energética renovável já contribui para menores emissões no setor elétrico, enquanto a recuperação de calor residual (WHR) pode reduzir o consumo elétrico em até 30%. Com essas medidas, o *roadmap* do Brasil prevê uma redução das emissões diretas de 530 kg CO_2/t de cimento (2020) para 375 kg CO_2/t de cimento em 2050 (ABCP; SNIC, 2019).

3.2.3. CHILE

O roteiro chileno para redução das emissões de sua indústria cimenteira é o "*Hoja de Ruta Chile*" (FICEM; ICH, 2019). O plano de redução se baseia em três principais estratégias: a substituição parcial do clínquer por materiais alternativos, embora isso enfrente desafios como a manutenção da qualidade do produto e aceitação do mercado; o aumento do coprocessamento através do uso de combustíveis alternativos, que depende da disponibilidade de resíduos e marcos regulatórios adequados; e melhorias na eficiência energética das plantas, com foco especial no uso de energias renováveis nas unidades de moagem, que oferecem maior flexibilidade operacional. O roteiro reconhece que, embora algumas medidas possam inicialmente aumentar o consumo de energia, os benefícios na redução de CO_2 compensam essas desvantagens. Com essas medidas, o *roadmap* do Chile prevê uma redução nas emissões diretas de 581 kg CO_2/t de cimento (2018) para 370 kg CO_2/t de cimento em 2050 (FICEM; ICH, 2019).

3.2.4. COLÔMBIA

A fim de reduzir suas emissões, a indústria cimenteira colombiana desenvolveu o documento *"Hoja de Ruta – Colombia: Industria del Cemento"* (FICEM; PROCEMCO, 2021), que estabelece diretrizes para redução das emissões do setor, que atualmente representa 45% das emissões dos Processos Industriais e Uso de Produtos do país. O plano colombiano para redução de emissões prevê três principais estratégias: a substituição parcial do clínquer por materiais alternativos, seguindo um modelo similar ao dos Estados Unidos, onde algumas substituições podem ocorrer em fases posteriores do ciclo de vida do cimento; a expansão significativa do coprocessamento através do aproveitamento de resíduos sólidos urbanos e pneus inservíveis localizados próximos às plantas; e a modernização das instalações para melhor eficiência energética, com foco em processos secos, pré-calcinação e sistemas de pré-aquecimento mais eficientes. Com essas medidas, o *roadmap* da Colômbia prevê uma redução nas emissões diretas de 600 kg CO_2/t de cimento (2018) para 370 kg CO_2/t de cimento em 2050 (FICEM; PROCEMCO, 2021).

3.2.5. ESPANHA

A indústria cimenteira espanhola, seguindo a Lei Europeia do Clima e o Pacto Verde Europeu, estabeleceu uma estratégia para neutralidade climática até 2050, descrita no documento "*Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050*" (Oficemen, 2021). Ela baseia-se na abordagem 5C: clínquer, cimento, concreto, construção e (re)carbonatação. A recarbonatação é o processo natural das estruturas de concreto de absorver o CO_2 ao longo de sua vida útil, podendo ser intensificado através de técnicas específicas. No clínquer, responsável por 60-65% das emissões de CO_2 (Oficemen, 2021), as medidas incluem materiais descarbonatados, clínqueres de baixo carbono, combustíveis alternativos e tecnologias CCUS. Nos outros componentes, prevê-se: redução do teor de clínquer no cimento; aproveitamento da recarbonatação no concreto; uso eficiente na construção; e na recarbonatação, otimização da capacidade do concreto de reabsorver até 20% das emissões. O *roadmap* prevê uma redução de 718 kg CO_2/t de cimento (2018) para zero emissões diretas de CO_2 por tonelada de cimento até 2050 (Oficemen, 2021). Esse marco depende de avanços tecnológicos, disponibilidade de materiais alternativos, incentivos político-financeiros e revisões normativas.

3.2.6. PERU

O documento "*Hoja de Ruta Industria del Cemento - Perú*" (FICEM; ASOCEM, 2022) estabelece o plano de ações da indústria cimenteira peruana para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa. A redução do fator clínquer será realizada através de moagem separada dos componentes e produção de argila calcinada. O coprocessamento será implementado usando resíduos sólidos urbanos próximos às plantas e pneus inservíveis. A eficiência energética será melhorada com a modernização das plantas, incluindo pré-aquecedores de ciclones, queimadores multicanais e processos a seco com pré-calcinação. Embora o consumo elétrico do setor cimenteiro peruano seja superior à média mundial, a baixa intensidade de carbono da matriz elétrica do país reduz a relevância desse fator na mitigação das emissões totais de CO_2. Com essas medidas, estima-se uma diminuição das emissões diretas totais de 607 kg CO_2/t de cimento (2019) para 370 kg CO_2/t de cimento em 2050 (FICEM; ASOCEM, 2022).

3.2.7. PORTUGAL

A indústria cimenteira portuguesa, alinhada às metas do Acordo de Paris e do Pacto Ecológico Europeu, detalha suas estratégias para a neutralidade carbônica até 2050 no documento "*Cimentar o futuro: Roteiro*

para a neutralidade carbónica 2050" (ATIC; CIMPOR; SECIL, 2021). O plano adota a abordagem 5C (clínquer, cimento, concreto, construção e recarbonatação), promovendo práticas como o uso de matérias-primas alternativas, combustíveis renováveis, eficiência energética térmica, tecnologias CCUS e redução do teor de clínquer no cimento. Também prioriza energia elétrica neutra em carbono, transporte sustentável, digitalização para otimização de materiais na construção e intensificação da captura natural de CO_2 pelo concreto reciclado. Com essas medidas, o *roadmap* de Portugal prevê uma redução das emissões diretas de 637 kg CO_2/t de cimento (2017) para 0 kg CO_2/t de cimento em 2050 (ATIC; CIMPOR; SECIL, 2021). No entanto, assim como para a Espanha, o sucesso dessa meta depende de avanços tecnológicos (CCUS), disponibilidade de materiais alternativos, incentivos políticos e financeiros, além de revisões normativas.

3.3. ANÁLISE COMPARATIVA E APLICABILIDADE DAS AÇÕES-CHAVE

Para iniciar a análise, a Tabela 1 apresenta os dados de produção de cimento de cada país.

Tabela 1 – Produção de cimento (Mt) para cada país-membro da RINCIMCI

País	Argentina	Brasil	Chile	Colômbia	Espanha	Peru	Portugal
Produção (Mt)	9,6	66	5,2	12,1	17,8	10,9	5,5
Ano	2024	2023	2023	2024	2024	2024	2024
Fonte	AFCP, 2024	SNIC, 2024	*International Cement Review*, 2024	*International Cement Review*, 2025	*Cement & Concrete Facts*, 2025	ASOCEM, 2024	ATIC, 2024

A partir da Tabela 1, observa-se que o Brasil possui a maior produção entre os países-membros da RINCIMCI. Nesse contexto, a implementação das ações-chave na indústria cimenteira brasileira teria um impacto significativo na redução das emissões da rede como um todo. Destaca-se, em especial, a importância das adições e substituições do clínquer, cuja produção é a principal responsável pelas emissões da cadeia produtiva do cimento. Embora os demais eixos (combustíveis alternativos e eficiência energética) sejam relevantes, seu impacto pode ser menor em comparação às estratégias voltadas para a redução do teor de clínquer.

Cabe mencionar que, embora o estudo aborde apenas três ações-chave, Espanha e Portugal consideram outros dois eixos de mitigação: construção e recarbonatação. Em seus roteiros, o potencial de redução das emissões nesses aspectos é quantificado. Nos demais países, apesar da menção a essas estratégias, elas não são efetivamente consideradas devido à ausência de dados concretos sobre sua contribuição.

Por fim, observa-se que o Chile, a Colômbia e o Peru compartilham a meta de redução até 2050. Isso porque os roteiros desses países foram elaborados em conjunto com a FICEM, que considera a previsão de redução do *roadmap* da *Cement Sustainability Initiative* (CSI) de 2018 (FICEM; ICH, 2019).

4 CONCLUSÃO

As principais ações para reduzir as emissões da indústria cimenteira dos países participantes da RINCIMCI (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Espanha, Peru e Portugal) incluem a redução do fator clínquer, o uso de combustíveis alternativos e a eficiência energética. Tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS) são cruciais para a neutralidade das emissões, mas demandam elevados investimentos. A recarbonatação, embora ainda subestimada em muitos *roadmaps*, ganha destaque por seu potencial sustentável. Contudo, a produção de cimentos com baixas emissões pode aumentar os custos e comprometer a competitividade, ressaltando a necessidade de políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis no setor.

Destaca-se, ainda, que o Brasil possui a maior produção de cimento entre os países da rede, o que evidencia o papel central do país na redução das emissões da indústria. Dessa forma, a implementação das estratégias de mitigação no contexto brasileiro tem potencial elevado para impactar positivamente os resultados da RINCIMCI como um todo.

REFERÊNCIAS

ABCP; SNIC. **Roadmap tecnológico do cimento**: Potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Rio de Janeiro: SNIC, 2019.

AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA (OFICEMEN). **Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050**. Madrid: OFICEMEN, 2021.

ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO PORTLAND (AFCP). **Producción de cemento y clínker**. 2024. Disponível em: https://www.afcp.org.ar/produccion-de-cemento-y-clinker. Acesso em: 7 abr. 2025.

ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO PORTLAND (AFCP). **Informe de indicadores de sostenibilidad de la industria argentina del cemento: 2020-2021**. Buenos Aires: AFCP, 2022.

ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO PORTLAND (AFCP). **Informe de indicadores de sostenibilidad de la industria argentina del cemento: 2022**. Buenos Aires: AFCP, 2024.

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO (ASOCEM). **Estadísticas nacionales**. 2024. Disponível em: https://www.asocem.org.pe/estadisticas-nacionales/indice?page=2. Acesso em: 7 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (ATIC). **Indústria e economia nacional**. Disponível em: https://www.atic.pt/industria-economia-nacional-2/. Acesso em: 7 abr. 2025.

ATIC; CIMPOR; SECIL. **Cimentar o futuro: Roteiro para a neutralidade carbónica 2050**. Portugal: 2021.

CEBDS - CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **O que é o Acordo de Paris?** Disponível em: <https://cebds.org/noticia/o que-e-o-acordo-de-paris/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

CEMENT & CONCRETE FACTS. **Spain's annual cement production -0.5% in 2024**. 2025. Disponível em: https://ccf2up.com/spains-annual-cement-production-0-5-in-2024/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 7 abr. 2025.

CSI; ECRA. **Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing**: Trying to Look Ahead, Revision 2017. Disponível em: <https://docs.wbcsd.org/2017/06/CSI_ECRA_Technology_Papers_2017.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2024.

CYTED. **RINCIMCI: Rede Ibero-americana para a Neutralidade Carbônica da Indústria dos Materiais Cimentícios**. 2024. Disponível em: <https://www.cyted.org/RINCIMCI>. Acesso em: 17 ago. 2025.

EUROPEAN CEMENT ASSOCIATION (CEMBUREAU). **Cementing the European Green Deal: Reaching climate neutrality along the cement and concrete value chain by 2050**. Bruxelas: CEMBUREAU, 2021.

FICEM; ASOCEM. **Hoja de ruta industria del cemento Perú: hacia una economía resiliente y baja en carbono**. Perú: 2022.

FICEM; ICH. **Hoja de Ruta Chile: Industria del Cemento**. Chile: 2019

FICEM; PROCEMCO. **Hoja de Ruta Colombia: Industria del Cemento**. Colômbia: 2021.

GBC BRASIL. **A indústria de cimento emite tanto CO_2 quanto a Índia: quais são os desafios enfrentados?** 2023. Disponível em: https://www.gbcbrasil.org.br/a-industria-de-cimento-emite-tanto-co2-quanto-a-india-quais-sao-os-desafios-enfrentados/. Acesso em: 9 abr. 2025.

GIDDENS, Anthony; SUTTON, Philip. **Sociologia**. 9. ed. Porto Alegre: Editora Penso, 2023. p. 154.

GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION (GCCA). **Concrete Future: The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete**. London: GCCA, 2021.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

INTERNATIONAL CEMENT REVIEW. **Chile's cement market closes 2023 with 11% drop.** 2024. Disponível em: https://www.cemnet.com/News/story/176386/chile-s-cement-market-closes-2023-with-11-drop.html?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 7 abr. 2025.

INTERNATIONAL CEMENT REVIEW. **Colombia's cement market contracts 6% in 2024**. 2025. Disponível em: https://www.cemnet.com/News/story/178712/colombia-s-cement-market-contracts-6-in-2024.html?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 7 abr. 2025.

MAURI, Dionis. **O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas**. Fortaleza: Mercator, 2015.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Aquecimento global atinge níveis sem precedentes e dispara alerta vermelho para a humanidade.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt br/139401-aquecimento-global-atinge-n%C3%ADveis-sem-precedentes-e-dispara-alertavermelho-para-humanidade>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Números da indústria**. 2024. Disponível em: http://snic.org.br/numeros-industria.php. Acesso em: 7 abr. 2025.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Technology roadmap: low-carbon transition in the cement industry**. [S.l.]: WBCSD, 2018. Disponível em: <https://www.wbcsd.org/wp-content/uploads/2023/12/TechnologyRoadmapLowCarbonTransitionintheCementIndustry.pdf.> Acesso em: 14 set. 2025.