

## ASPECTOS GERAIS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Jane Queli Freire DIVINO<sup>1</sup>

Jaqueline Freire DIVINO<sup>2</sup>

José Rafael Pires BUENO<sup>3</sup>

### RESUMO

O objetivo deste estudo é examinar alternativas sustentáveis para materiais e tecnologias de construção. Em termos metodológicos, a pesquisa foi realizada de tipologia descritiva. Para os procedimentos, utilizou-se a pesquisa bibliográfica em dados secundários, enquanto a abordagem qualitativa do estudo foi realizada para abordar o problema. A conclusão é que todas as medidas implementadas e ações planejadas só terão sucesso se os conceitos de educação ambiental forem aplicados. Isso é necessário para reintroduzir as pessoas em valores perdidos, necessidades que vão além dos aspectos econômicos e, em última análise, os componentes essenciais do bem-estar: uma alta qualidade de vida. Portanto, este estudo fornece a base necessária para provocar mudanças na abordagem das questões ambientais. Por meio de conscientização, orientação e tomada de decisão informada, o desenvolvimento sustentável pode ser alcançado.

**Palavras-chave:** Sustentável. Ambiental. Construção.

### ABSTRACT

The purpose of this study is to examine sustainable alternatives for building materials and technologies. In methodological terms, the research was carried out using a descriptive typology. For the procedures, bibliographical research was used on secondary data, while the qualitative approach of the study was carried out to address the problem. Our conclusion is that all implemented measures and planned actions will only be successful if the concepts of environmental education are applied. This is necessary to reintroduce people to lost values, needs that go beyond economics and, ultimately, the essential components of well-being: a high quality of life. Therefore, this study provides the necessary basis to bring about changes in the approach to environmental issues. Through awareness, guidance and informed decision-making, sustainable development can be achieved.

**Key words:** Sustainable. Environmental. Construction.

<sup>1</sup> Docente do curso de pós-graduação de Projeto de Fundações e Contêncões da Faculdade de Minas.

<sup>2</sup>Discente do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Araras "Dr. Edmundo Ulson".

<sup>3</sup> Docente do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Araras "Dr. Edmundo Ulson".

**Recebido em: 19/05/2022 - Aceito para publicação em: 16/12/2022**

## 1 Introdução

De acordo com Gomes *et al* (2021), a prática da Construção Civil possui grande relevância, pois proporciona inúmeros benefícios, tanto econômicos quanto sociais, que contribuem para o desenvolvimento contínuo de um país. Esse amplo movimento socioeconômico é caracterizado por diversas atividades, como geração de empregos, comércio de materiais de construção e venda e locação de imóveis. Quer se trate de grandes obras ou de pequenas reformas em estruturas existentes, o setor da Construção Civil tem um papel direto ou indireto na viabilização dessas atividades.

Assim como se considera que é um setor capaz de produzir resultados, também é se pode considerar é uma indústria altamente degradante. Além disso, os efeitos dessa indústria no meio ambiente são evidentes em todas as etapas de sua cadeia produtiva. Isso se deve ao fato de que a degradação começa no ponto de extração da matéria-prima, e o setor tem uma participação significativa na extração de recursos naturais, estimados entre 15 a 50%. No Brasil, na fase inicial de produção, destaca-se o consumo de 220 milhões de toneladas de agregados naturais para a produção de concreto e argamassa, bem como o aproveitamento de cerca de 2/3 da madeira natural extraída para esse fim, com a maioria das florestas sendo manejadas inadequadamente (DE LIMA, 2018).

Além da preocupação primária com as matérias-primas, a criação de materiais de construção tem uma infinidade de efeitos que variam dependendo do processo de produção. O cimento, um componente significativo dos materiais de construção, é amplamente utilizado e, portanto, produzido em larga escala. É um material essencial para a maioria dos projetos de construção. Como tal, este agente de ligação tem um papel significativo na indústria. No entanto, toda a cadeia produtiva do cimento resulta em um impacto substancial no meio ambiente.

Durante a construção ou demolição, surge um grande problema com a geração de resíduos classificados como inertes e especificados na NBR 100004 de 2004, pois permanecem inalterados por longos períodos.

Após a conclusão da construção, o ambiente construído mantém um impacto contínuo. Embora seja necessário que o ser humano utilize recursos como água e energia elétrica, o consumo excessivo e exagerado desses recursos por uma grande

população leva à degradação ambiental. Assim, é crucial reconhecer isso como um fator que contribui para os danos ambientais.

Este artigo tem como objetivo destacar o impacto da indústria da construção civil, com foco específico no cimento. Ele se aprofunda na abordagem da produção e no uso desse material de construção, esclarecendo os impactos ambientais associados e apresentando possíveis soluções.

## **2 Matéria-prima e processo produtivo**

A produção do cimento começa com as matérias-primas de calcário e argila. A principal matéria-prima é o calcário, extraído de minas. O processo de extração pode ser realizado em mina a céu aberto ou subterrânea. No Brasil, a mineração a céu aberto é o método mais empregado, e explosivos são usados para o desmonte da rocha (PINTO *et al*, 2019).

Esse processo envolve a colocação de explosivos em locais pré-determinados, determinados por meio de estudos geológicos prévios da área. A quantidade de rocha e a granulometria desejada também são levadas em consideração para atingir a qualidade desejada do produto final e garantir o aproveitamento eficiente da jazida. Como resultado dessa técnica, a rocha é efetivamente desmontada.

Após a extração, o calcário passa por um processo de fragmentação, britagem, para facilitar o processamento posterior e remover quaisquer impurezas. A seguir, uma mistura composta por 90% de calcário e 10% de argila é criada para fins de dosagem. Este composto segue então para o estágio inicial de moagem. Uma vez que os dois materiais se encontram, eles produzem uma mistura que se assemelha a areia fina, chamada de "bruta". Essa mistura segue então para os silos de "farinha" onde é homogeneizada. Esses silos são estruturas altas e verticais que facilitam esse processo tanto por gravidade quanto por meios pneumáticos (PINTO *et al*, 2019).

A etapa inicial do processo envolve a criação da farinha crua, que é preparada em condições favoráveis para passar para a etapa seguinte, sendo introduzida em um forno movido a óleo combustível. A partir daí, inicia-se o processo de clinquerização, sendo a mistura processada em pré-calcinadores antes de passar pela queima propriamente dita. Este processo de queima atinge o ponto crucial de fusão de 1450 graus, resultando na formação de clínquer, um componente indispensável na

fabricação de cimento. Essa etapa culmina com a passagem do produto por resfriadores, que servem para baixar sua temperatura. Por meio de outro processo de moagem, o clínquer é combinado com gesso, calcário e outros aditivos para produzir o cimento.

### **3 Impactos ambientais da produção do cimento**

A extração de matérias-primas é fortemente influenciada pela indústria cimenteira. O processo de aquisição dos componentes necessários para a produção é feito por meio da mineração do calcário. A mineração é uma atividade vital que engloba todas as facetas da extração mineral, que detém um valor econômico significativo. É um aspecto crucial para o progresso e desenvolvimento de um país, desempenhando um papel fundamental nos primórdios da civilização. Antigamente, a mineração era responsável por fabricar as ferramentas e equipamentos necessários para o sustento. Nos tempos modernos, a mineração é responsável pela produção de diversos produtos que visam a qualidade de vida e o bem-estar da população, atendendo assim às suas necessidades (CALDAS, TOLEDO FILHO, 2021).

Em meados do século XVII, o Brasil experimentou uma mudança no foco econômico da indústria açucareira para a mineração de metais valiosos como o ouro. Como resultado, regiões como Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e São Paulo tornaram-se os principais centros de produção desses preciosos recursos (ARRUDA JUNIOR, BARATA, 2022).

Nesse período, as reservas minerais estavam sob a posse da monarquia portuguesa, e os responsáveis pelas operações mineiras eram obrigados a pagar um quinto da produção, que equivalia a vinte por cento.

Pessoas físicas ou jurídicas especializadas em atividades extrativistas precisam comprovar capacidade financeira e técnica para registrar jazidas minerais no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), desde que a União seja proprietária dos recursos minerais.

De acordo com o artigo 176 da Constituição Federal de 1988, as jazidas - para fins minerários ou não - e demais recursos minerais, bem como os potenciais de energia hidráulica, são considerados bens separados do terreno, destinados à exploração ou aproveitamento, e são de propriedade da a União. Além disso, as

concessionárias têm assegurada a propriedade dos produtos de mineração (ARRUDA JUNIOR, BARATA, 2022).

A exploração de uma região confere a propriedade de qualquer produto mineral ao explorador, mas se a terra for de propriedade privada, o proprietário tem direito a uma participação nos resultados minerais, com exceção daqueles designados como monopólio da União, caso em que o proprietário tem o direito de receber indenização (CALDAS, TOLEDO FILHO, 2021).

O impacto econômico do setor de mineração é notável. A mineração fornece matérias-primas para inúmeras indústrias que produzem produtos essenciais para o consumo humano. Como resultado dessa matéria-prima, existem milhares de oportunidades de trabalho, bens de consumo, impostos e outros fatores que dependem exclusivamente da mineração.

Sem dúvida, o significado econômico disso não pode ser negado. No entanto, seria negligente considerar apenas este aspecto. Frequentemente, os benefícios para a economia contrastam fortemente com os efeitos adversos sobre o meio ambiente e a sociedade (ARRUDA JUNIOR, BARATA, 2022).

A mineração, como atividade, traz inerentemente consigo efeitos prejudiciais. A exploração, que pode ser executada de diversas formas, desde técnicas primitivas e simples até técnicas modernas e tecnologicamente avançadas, traz consigo uma infinidade de fatores que contribuem para a degradação do meio ambiente na área explorada. Esses fatores incluem, mas não estão limitados a eliminação da vegetação nativa e cobertura vegetal e a consequente erradicação de espécies animais que habitavam a área, poluição da água e do ar, poluição sonora, vibração, contaminação do lençol freático, emissões de particulados, subsidência de terras e, em alguns casos, destruição de matas ciliares. Todas essas ações são exemplos de consequências indesejáveis geradas pela mineração (DOS SANTOS, MASSANARES, DOS SANTOS, 2019).

Ao discutir o aspecto social de uma área, é importante considerar a desvalorização dos imóveis próximos, o congestionamento do trânsito, além de ruídos e vibrações. A definição de meio ambiente vai além de apenas coisas vivas e não vivas, e também inclui a relação entre os seres humanos e seus arredores. Nesse sentido, está comprovado que as atividades de mineração têm um impacto significativo no meio ambiente, que por sua vez tem influência direta ou indireta na

vida das pessoas, tornando-se também uma questão social. Portanto, pode-se argumentar que os aspectos social e ambiental estão interligados, devendo ser referidos como um único ente: o meio ambiente. Entretanto, para maior clareza deste trabalho, é importante ressaltar que os principais efeitos negativos da mineração são de natureza socioambiental.

#### **4 Disposições legais para a redução do impacto ambiental**

Para mitigar as possíveis consequências da mineração, o passo inicial seria aderir à legislação vigente no país. Uma obrigação legal é o licenciamento ambiental, exigido para qualquer empreendimento ou operação que resulte em poluição ou degradação ambiental. Nesse cenário, a obtenção do licenciamento ambiental serviria como ponto de partida para o lançamento de operações de mineração e extração de recursos em um determinado local (SILVA, DE LIMA, 2018).

Os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente e o IBAMA dividem as responsabilidades de licenciamento como componentes-chave do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), enquanto as audiências públicas garantem o envolvimento social na tomada de decisões. O artigo sexto da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) dispõe sobre a criação e organização do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Esse sistema é composto por diversos órgãos e entidades da União, Estados, Distrito Federal, Territórios e Municípios, além de fundações instituídas pelo Poder Público. Sua principal responsabilidade é proteger e melhorar a qualidade ambiental (OLIVEIRA, 2018).

O IBAMA é responsável por gerenciar o licenciamento de grandes projetos, especialmente aqueles com impactos e infraestrutura entre os estados, bem como supervisionar as operações de petróleo e gás na plataforma continental.

Além da PNMA - lei 6.938/81, a principal legislação que rege a matéria é a resolução CONAMA nº 237/97 que dispõe sobre os procedimentos para o licenciamento ambiental, e também o parecer nº 312 que considera a extensão do impacto e define a competência de licenciamento tanto dos estados e governos federais (DE OLIVEIRA, 2022).

Para obter uma licença ambiental, uma etapa crucial é a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental, ou EIA, e o resultante Relatório de Impacto Ambiental,

ou RIMA. Estes são determinados pela Resolução CONAMA 001/86 e são necessários para o licenciamento de qualquer atividade que utilize recursos minerais. No entanto, há uma exceção a essa regra para materiais minerais destinados ao uso imediato na construção civil, pois suas características únicas tornam o EIA desnecessário. Em vez disso, o foco é o Relatório de Controle Ambiental (RCA), que deve seguir as diretrizes do órgão estadual competente.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 10 de 1990, o artigo 3º permite a exploração de bens minerais classe II, podendo o órgão ambiental competente optar por dispensar a exigência de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) para empreendimentos com base em fatores como sua natureza, localização, tamanho e outras características únicas. Caso seja dispensada a apresentação do EIA/RIMA, o empreendedor deverá apresentar um Relatório de Controle Ambiental-RCA que siga as orientações determinadas pelo órgão ambiental competente (SILVA, DE LIMA, 2018).

O Plano de Controle Ambiental e seu respectivo relatório, a que se refere o PCA/RCA, possuem estrutura semelhante ao EIA/RIMA, mas não requerem o mesmo nível de especificidade em sua elaboração.

O Capítulo III do Código Mineiro, especificamente previsto no Decreto-Lei n.º 227/67, trata do processo de extração e dá orientações sobre as condições mineiras ideais a estabelecer em tribunal.

A Lei 9.605/98 prevê sanções criminais e administrativas relacionadas a qualquer conduta ou atividade prejudicial ao meio ambiente, incluindo pesquisa, mineração ou extração de recursos minerais sem a necessária autorização, permissão ou concessão, conforme descrito em seu artigo 55. Tratando-se de área pesquisada ou explorada, é imprescindível a sua recuperação nos termos estabelecidos pelo órgão competente. O não cumprimento acarretará as mesmas penalidades constantes da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do referido órgão (OLIVEIRA, 2018).

Conforme disposto no artigo 225, parágrafo 2º da Constituição Federal de 1988, os indivíduos que exploram recursos minerais são obrigados a restaurar o meio ambiente danificado de acordo com a solução técnica indicada pelo órgão público competente, na forma da lei.

De acordo com o artigo primeiro do Decreto Federal 97.632 de 1989, as mineradoras que pretendem explorar recursos minerais devem incluir um plano de recuperação de áreas degradadas juntamente com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e obter a aprovação dos órgãos ambientais competentes agência.

O PRAD, ou Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, é um plano fundamental preparado para o inevitável fechamento de qualquer atividade mineradora. Esse documento essencial detalha as ações necessárias que devem ser tomadas no local de extração após a desativação, além de traçar o futuro uso das áreas afetadas da região. O plano inclui medidas como programas de recuperação de solo e vegetação, entre outras, de forma a restaurar e reabilitar a área ao seu estado anterior (DE OLIVEIRA, 2022).

A classificação dos recursos minerais como não renováveis decorre da sua natureza finita, e embora a atividade implementada esteja excluída do âmbito judicial, serve de ponto de partida.

As práticas de mineração irrestritas e indiferentes, juntamente com os conflitos de uso da terra, estão causando um declínio nas jazidas disponíveis, o que pode representar desafios na implementação de planos e objetivos futuros, incluindo projetos de construção de moradias, estradas e obras de saneamento.

O desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos para as gerações futuras só podem ser alcançados por meio da exploração e consumo sustentáveis. O consumo e a produção de recursos estão diretamente relacionados, tornando-se imprescindível a adoção de práticas sustentáveis. A implementação de tecnologia avançada e técnicas de mineração adequadas permitem uma exploração responsável. Diversos empreendimentos, entre eles Cantareira, Viterbo, CBA, CBNM, Embu, Jundu, MBR, Samitri, Samarco e Vigne, destacam-se por suas excelentes tecnologias ambientais (SILVA, DE LIMA, 2018).

No que diz respeito ao relacionamento entre a Empresa X e a comunidade envolvente, existem algumas medidas que podem ser tomadas de forma proativa para prevenir eventuais conflitos que possam surgir devido à atividade mineira. Uma dessas medidas é a aquisição de terrenos no entorno do empreendimento.

Em certos casos, pode não ser viável buscar essa opção devido às despesas, principalmente para mineradoras menores. Com isso, outra solução potencial é o



arrendamento de áreas do entorno para atividades que possam coexistir com as operações de mineração. Embora essa opção seja menos dispendiosa, ela requer a realização de pesquisas para identificar atividades compatíveis, promover relacionamentos positivos com proprietários de terras adjacentes e aderir aos regulamentos regionais que regem o uso e ocupação da terra no planejamento das operações de mineração e processamento (DE OLIVEIRA, 2022).

Programas eficientes de educação ambiental são fundamentais para o alcance do consumo consciente. Uma educação que aborde especificamente as questões ambientais seria benéfica tanto para os consumidores de produtos que utilizam materiais extraídos da mina quanto para os trabalhadores envolvidos no processo produtivo. Por fim, essa medida é essencial para qualquer negócio que busca priorizar a sustentabilidade (OLIVEIRA, 2018).

A extração de minerais é indispensável para o progresso de muitos países, pois é um componente fundamental da existência contemporânea. No entanto, para evitar danos, é imperativo reconsiderar os princípios de responsabilidade comunitária e apresentar a prática no contexto da viabilidade duradoura.

## **5 Gerações de resíduos na construção civil**

Em atendimento à NBR 10.004 de 2004, os resíduos sólidos são categorizados com base em seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Este sistema está em vigor para garantir uma gestão adequada. Os resíduos em questão incluem sólidos e semi-sólidos, provenientes de atividades industriais, agrícolas e de prestação de serviços, além da varrição de ruas. A definição também abrange lodos produzidos por sistemas de tratamento de água, equipamentos de controle de poluição e instalações. Além disso, inclui certos líquidos que não podem ser lançados em sistemas públicos de esgoto ou corpos d'água, ou exigiriam soluções tecnológicas ou econômicas impraticáveis, mesmo com a melhor tecnologia possível (MATUTI, SANTANA, 2019).

Conforme ABNT (NBR10004:2004) apud Oliveira *et al* (2020) item 4.2.2.2, todo resíduo representativo, conforme amostrado conforme ABNT NBR 10007, e submetido a contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada em temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não deve ter nenhum de seus

constituintes solubilizados além dos padrões de potabilidade para água, exceto para fatores como aparência, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os resíduos de construção e demolição (RCD), também chamados de entulhos, são produzidos na forma sólida e possuem qualidades físicas variadas que dependem do seu processo de geração. Essas características físicas podem variar de pequenas substâncias granulares a materiais de formato irregular.

Essa categoria de materiais inclui aqueles que surgem de várias fases da atividade industrial (como mineração, refino e transformação), e também pode abranger resíduos gerados pelo consumo, descarte de embalagens e desgastes decorrentes de manutenção e demolição. Composto por uma gama diversificada de materiais, incluindo cerâmica, rochas naturais, aço, madeira, gesso, plástico, concreto, cimento, vidro, asfalto e outros metais, sua composição pode variar muito (OLIVEIRA *et al*, 2020).

A classificação de detritos geralmente é baseada em sua composição, que normalmente inclui materiais inertes como tijolos, pedras e vidro. No entanto, certos tipos de trabalho podem resultar em detritos não inertes ou mesmo perigosos (classificados como classe I) devido à presença de elementos particulares que os colocam em outra categoria. Por exemplo, quando o amianto está presente nos resíduos, ele automaticamente se torna perigoso (MATUTI, SANTANA, 2019).

A legislação referente ao gerenciamento de resíduos da construção civil é regida pela Resolução CONAMA 307 de 2002, que estabelece critérios e procedimentos a serem seguidos. De acordo com o artigo 2º, os resíduos da construção civil são os resíduos gerados durante a construção, reforma, reparação e demolição de obras de construção civil, bem como os resíduos resultantes da preparação e escavação do solo (OLIVEIRA *et al*, 2020).

De acordo com a resolução do CONAMA, quem produz lixo deve priorizar não o gerar. Se o desperdício for inevitável, seu objetivo secundário deve ser reduzi-lo, reutilizá-lo e reciclá-lo. A destinação adequada é fundamental, pois aterros residenciais, lixões ilegais, encostas, corpos d'água, terrenos baldios e áreas de proteção legal não são opções viáveis. O gerador é responsável pelos resíduos que produz, cabendo à Prefeitura a responsabilidade por pequenas quantidades (normalmente menos de 50 kg ou 100 lts).

O artigo 191, capítulo IV da constituição destaca a importância de preservar, conservar, defender, recuperar e melhorar o meio ambiente natural, artificial e de trabalho do estado e dos municípios, como demonstra o exemplo de São Paulo. Isso deve ser feito com a participação da comunidade, considerando as peculiaridades regionais e locais, e em harmonia com o desenvolvimento social e econômico (OLIVEIRA *et al*, 2020).

A responsabilidade pelos resíduos gerados é do gerador e, em pequenas quantidades, da prefeitura. No entanto, a preservação, recuperação e valorização do meio ambiente é dever do Estado. Isso implica a execução de programas e a eliminação de medidas ilegais. A indústria da construção civil é responsável pela maior parte da massa de resíduos sólidos urbanos gerada nas cidades.

Segundo Santos *et al* (2022), aproximadamente 65 milhões de toneladas de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são gerados anualmente no Brasil. Em média, cada habitante no Brasil produz entre 230 e 760 quilos de RCD por ano, respondendo por 41% a 70% da massa de lixo urbano do país. Na Região Metropolitana de São Paulo são produzidos aproximadamente 4,8 milhões de toneladas de RCD, o que representa cerca de 70% da massa de Resíduos Sólidos Urbanos da região.

## **6 Impactos e propostas sustentáveis**

Os resíduos de construção e demolição são tipicamente inertes e permanecem na natureza por um longo período de tempo, situação agravada pelo grande volume de entulho gerado anualmente no país. A destinação inadequada desses resíduos tem um impacto significativo, seja pela ineficiência ou falta de políticas públicas que regulamentem a disposição dos resíduos, seja pelo desinteresse dos geradores de resíduos em gerir e destinar os resíduos. Isso pode resultar em bloqueios de cursos de água e inundações, disseminação de agentes transmissores de doenças, obstruções de estradas que impedem a circulação de pessoas e veículos, poluição de fontes de água e áreas protegidas, acúmulo de sedimentos em rios e córregos e bloqueios de sistemas de drenagem, como piscinas, galerias e calhas. Além disso, isso pode levar à poluição visual que degrada a paisagem urbana (GOMES *et al*, 2021).

Os resíduos descartados de forma irregular têm potencial para gerar um valor corretivo significativo. Na cidade de São Paulo, por exemplo, gastos superiores a R\$ 35 milhões por ano são atribuídos às operações de coleta, repasse e aterro.

A administração local assume frequentemente a tarefa de recolher os resíduos e gerir as despesas associadas à limpeza dos espaços urbanos. No entanto, esta medida não oferece um remédio conclusivo, pois a erradicação completa dos resíduos descartados não é realizada e, em alguns casos, até incentiva o descarte inadequado (MARQUES *et al*, 2020).

Para uma gestão eficaz dos resíduos, as três partes envolvidas devem estar integradas: o órgão público municipal, os geradores de resíduos e os transportadores. O órgão público é responsável por supervisionar e regulamentar o transporte e a disposição dos resíduos. Os geradores são responsáveis pela gestão interna e externa dos resíduos, garantindo o cumprimento de todas as normas legais de destinação final. Os transportadores são responsáveis pelo transporte dos resíduos até o local de disposição final licenciado. A integração desses três agentes é crucial para uma gestão eficiente de resíduos (GOMES *et al*, 2021).

A partir de 1993, segundo de Almeida Leite *et al* (2018), a Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte iniciou a criação de uma política que visava gerenciar os resíduos da construção civil de forma específica e eficaz. O objetivo final dessa política foi diminuir o crescimento de locais de descarte ilegal de lixo, além de identificar novos e melhores métodos para destinação e reciclagem de resíduos da construção civil. Esses métodos incluíram o reaproveitamento de resíduos como materiais de base e sub-base para vias públicas, bem como na criação de diversos artefatos como blocos de alvenaria e briquetes.

Segundo os autores, aproximadamente 70% dos resíduos recolhidos foram considerados passíveis de reciclagem. Desse percentual, cerca de 30% foi reciclado com sucesso em duas estações de reciclagem de RCD localizadas em Belo Horizonte na época. No ano de 2007, os resíduos da construção civil contribuíram com 44% do total de resíduos produzidos no município (ALMEIDA, COSTA, ALBERTE, 2019).

## **7 Materiais sustentáveis para a construção civil**

Uma vez que o processo de construção é concluído, o entorno construído entra em vigor, levando a efeitos prejudiciais ao meio ambiente. Estes incluem a produção de resíduos, bem como o alto consumo de água e energia. As possíveis soluções para esse problema podem ser reduzir esses impactos negativos ou gerenciá-los de maneira eficaz (BARBOSA *et al*, 2019).

A produção de resíduos sólidos, efluentes e emissões depende da finalidade do local construído, que pode ser casas, empreendimentos ou outras variações. Embora as necessidades que impulsionam essa produção muitas vezes devam ser atendidas, existem tecnologias e programas eficazes disponíveis no mercado que podem minimizar e até eliminar esses resultados negativos.

Para garantir a sustentabilidade de um projeto, de acordo com Cristina *et al* (2018), é crucial determinar os efeitos que ele tem e encontrar soluções para eliminá-los ou reduzi-los. Ao fazer isso, existem várias opções disponíveis para abordar questões como gestão de resíduos sólidos, utilização de recursos hídricos e consumo de energia, os quais podem contribuir para alcançar um ambiente sustentável. O campo da engenharia é responsável por muitos avanços tecnológicos impressionantes que nos surpreenderam a todos. Com a introdução de novas técnicas e equipamentos, tornou-se viável a construção de um ambiente tecnologicamente avançado e ecologicamente correto.

A utilização de energia solar é uma opção viável tanto para iluminação interna quanto para aquecimento de água. O processo de captação de energia solar e sua conversão em energia mecânica ou elétrica não é apenas renovável e limpa, mas também gratuita e infinita. Esta fonte de energia não cria nenhuma poluição e tem um impacto positivo no meio ambiente. Em comparação, a energia hidráulica, amplamente utilizada em todo o país, é uma fonte de energia significativa, mas tem um custo significativo. A instalação de sistemas de energia hidráulica leva a uma degradação ambiental substancial e a perdas substanciais durante a construção de barragens (DE FARIAS, MARINHO, 2020).

Em locais onde a potabilidade não é uma necessidade, a água da chuva pode ser coletada e utilizada para diversos fins, como descarga, lavagem de carros, irrigação e calçadas. Através da captação e utilização da água da chuva, este recurso valioso pode ser conservado.

Quando se trata de resíduos sólidos, a coleta seletiva se apresenta como uma opção promissora para diminuir significativamente a quantidade de resíduos produzidos. Além disso, essa medida pode levar à reciclagem de materiais que seriam descartados. Se implementado por toda a população, o resultado seria a redução das toneladas de lixo que vão parar em aterros. Isso não apenas libera espaço, mas também minimiza o impacto negativo desse descarte no meio ambiente (BARBOSA *et al*, 2019).

A introdução desse conceito na sociedade é possível, porém, necessita de um programa de educação ambiental bem elaborado. Para implementar qualquer medida, a educação ambiental é uma opção vital. O sucesso de todas as ações mencionadas depende da aceitação e compreensão da população sobre a necessidade de sua implementação.

## **8 Considerações finais**

O foco deste artigo é aplicar o princípio da sustentabilidade a um setor específico da economia. Para isso, a indústria da construção civil foi selecionada como candidata ideal. Esta indústria é um ator importante na economia e é responsável pela criação de milhões de empregos.

Realizou-se um levantamento das atividades essenciais para que a construção civil ocorra. Incluindo uma revisão dos possíveis impactos e propostas que poderiam ser implementadas com base na legislação atual ou tecnologias emergentes. Primeiramente, foram delineadas as atividades de mineração necessárias para a criação de materiais de construção. Foi então elaborado o processo produtivo, focando-se especificamente no cimento devido ao seu papel significativo no setor. A atividade construtiva, bem como a posterior geração de resíduos, também foram escrutinadas. Finalmente, foram discutidas as tecnologias disponíveis que poderiam ser utilizadas na construção final e materiais de construção alternativos que poderiam facilitar a criação de estruturas sustentáveis.

O cumprimento da legislação vigente é um requisito necessário na hora de extrair e utilizar o calcário, matéria-prima rigorosamente analisada. Práticas sustentáveis de exploração e consumo são obrigatórias. Isso requer a aplicação de tecnologias de mineração avançadas e eficientes, bem como o uso de técnicas de mineração corretas, para evitar danos ambientais.

Ao prosseguir com o processo de produção, é necessário enfrentar as consequências e oferecer soluções. Como tal, é crucial considerar todas as fontes potenciais de poluição. Esta pesquisa investiga o exame de emissões, consumo de energia e utilização de recursos hidrológicos. Esses fatores são os contribuintes mais significativos para o impacto ambiental da indústria de cimento.

No que diz respeito à geração de resíduos, é fato que quase todas as ações executadas no ramo da construção civil resultam em entulho. Esta indústria é responsável por gerar uma quantidade significativa de resíduos não reativos que podem agravar a deterioração da saúde ambiental se não forem descartados adequadamente.

A geração de resíduos é uma ocorrência comum no setor, com quase todas as atividades produzindo resíduos, e as áreas urbanas desempenhando um papel significativo na sua produção.

Para enfrentar adequadamente a questão dos resíduos sólidos resultantes da construção civil, é imprescindível a implementação de técnicas adequadas e o cumprimento das normas legais, bem como medidas preventivas, mitigadoras e resolutivas.

A fim de mitigar o impacto do setor de construção civil, o estudo analisou três abordagens distintas para a gestão de resíduos: aterro, reutilização e reciclagem. O objetivo principal era identificar métodos alternativos que poderiam ser utilizados para reduzir o impacto geral do setor.

Atualmente, um dos métodos de destinação mais utilizados é o aterro inerte. No entanto, este método não é uma solução viável. O volume de resíduos gerados é substancial e o impacto negativo que causa no meio ambiente e na qualidade de vida é imenso. Como esse material é duradouro e gera problemas sociais e ambientais, armazená-lo não é uma alternativa favorável.

Para alcançar a sustentabilidade, a redução apresenta-se como uma solução significativa. Com a implementação de programas e ações que visam à redução de produtos durante o processo de trabalho, medidas de redução podem ser implementadas. No entanto, trata-se de uma medida de longo prazo, demorada, que requer um longo período de implantação, treinamento e aceitação dos trabalhadores envolvidos. Também é necessário um processo exitoso de educação ambiental.

A reciclagem oferece o benefício de tecnologias de rápida aplicação e serve como uma solução viável para grande parte dos resíduos gerados pela construção e demolição. É uma verdade bem conhecida que a criação de qualquer produto leva inevitavelmente à formação de resíduos. Cada ato de produção produz resíduos sólidos, poluentes atmosféricos ou outros efluentes que normalmente são prejudiciais à saúde e qualidade ambiental.

O impedimento mais significativo que o setor industrial enfrenta é o tratamento de resíduos. A solução ideal para esse problema seria assimilá-lo em um ciclo, erradicando totalmente sua existência. Recomenda-se integrar os três métodos mencionados em uníssono, o que inclui a utilização de iniciativas de redução e reciclagem durante projetos de construção, reforma e demolição. Além disso, apenas os materiais que não podem ser resolvidos com esses programas devem ser enviados para aterros sanitários. Essa abordagem garante que o mínimo de resíduos seja direcionado para aterros sanitários e uma quantidade substancial de resíduos seja redirecionada para o ciclo para gerenciar o descarte de resíduos e também reduzir o esgotamento das matérias-primas.

O sucesso de todas as medidas implementadas e ações planejadas depende da aplicação dos conceitos de educação ambiental. Esses conceitos são vitais para reintroduzir os indivíduos em valores que foram ofuscados por considerações econômicas. A educação ambiental também enfatiza a importância das necessidades que são essenciais para o bem-estar e, assim, melhora a qualidade de vida.

## 9 Referências bibliográficas

ALMEIDA, Lidiane de Brito; COSTA, Dayana Bastos; ALBERTE, Elaine Pinto Varela. Proposta de sistema de indicadores de desempenho para gestão sustentável em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 153-170, 2019.

ARRUDA JUNIOR, Euler Santos; BARATA, Márcio Santos. Cimento de baixo impacto ambiental a partir dos resíduos caulíníficos da Amazônia. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 27, 2022.

BARBOSA, Andrezza de Melo et al. Caracterização de partículas de açaí visando seu potencial uso na construção civil. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, 2019.

BRIZOLLA, MARIA MARGARETE BACCIN *et al.* A sustentabilidade na construção civil. **XIX ENGEMA, Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio ambiente**, 2017.



- CALDAS, Lucas Rosse; TOLEDO FILHO, Romildo Dias. Avaliação ambiental do sistema construtivo de alvenaria de blocos de solo-cimento considerando diferentes especificações de projeto. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 16, n. 2, p. 149-172, 2021.
- CRISTINA, Pâmela *et al.* Tijolo solo cimento com adição de fibra vegetal: uma alternativa na construção civil. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 9, p. 01-18, 2018.
- DE ALMEIDA LEITE, Izabella Caroline *et al.* Gestão de resíduos na construção civil: Um estudo em Belo Horizonte e Região Metropolitana. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 1, 2018.
- DE FARIAS, Lucas Menezes; MARINHO, Jefferson Luiz Alves. Construções sustentáveis: Perspectivas sobre práticas utilizadas na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16023-16033, 2020.
- DE LIMA, Jandir Ferrera. O problema econômico municipal no paraná: o que fazer?. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 14, n. 3, 2018.
- DE OLIVEIRA, Cláudia Elaine Costa; DE OLIVEIRA, Costa. Cerrado brasileiro-hotspot. **Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia-REIVA**, v. 5, n. 02, p. 13-13, 2022.
- DOS SANTOS, Gabriela Fernanda Moraes; MASSANARES, Barbara Ferreira; DOS SANTOS, Alana Melo. Utiliza o de biomassas como combustível na produ o de cimento Portland. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 18-18, 2019.
- GOMES, Carla Pinheiro *et al.* Impacto Ambiental e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Advindos da Constru o Civil no Brasil: Uma Revisão de Literatura. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 15, n. 55, p. 729-742, 2021.
- MARQUES, Henrique Fernandes *et al.* Reaproveitamento de resíduos da constru o civil: a prática de uma usina de reciclagem no estado do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 21912-21930, 2020.
- MATUTI, Bruna Barbosa; SANTANA, Genilson Pereira. Reutiliza o de resíduos de constru o civil e demoli o na fabrica o de tijolo cerâmico–uma revisão. **Scientia Amazonia**, v. 8, n. 1, p. E1-E13, 2019.
- OLIVEIRA, Cláudia Elaine. Aspectos negativos intr secos do cadastro ambiental rural. **Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia-REIVA**, v. 1, n. 02, p. 18-18, 2018.
- OLIVEIRA, Fabriccio de Almeida *et al.* Previsão da gera o de resíduos na constru o civil por meio da modelagem BIM. **Ambiente Constr do**, v. 20, p. 157-176, 2020.

OLIVEIRA, Larissa Jhennifer Conceição *et al.* Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos na construção civil. ***Brazilian Journal of Development***, v. 6, n. 5, p. 24447-24462, 2020.

PINTO, Rodrigo Barcelos *et al.* Resíduos da Construção Civil: matéria prima verde a ser investigada. ***Brazilian Journal of Development***, v. 5, n. 2, p. 1339-1351, 2019.

SANTOS, Janekelly Vilela *et al.* Análise da implementação da gestão de resíduos de construção e demolição em diferentes perspectivas. ***Brazilian Journal of Development***, v. 8, n. 7, p. 49746-49764, 2022.

SILVA, Nicole Cavalcanti; DA SILVA, Márcia Félix; DE LIMA, Vera Lúcia Antunes. Avaliação de impactos ambientais das obras de acessibilidade e mobilidade da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). ***Brazilian Applied Science Review***, v. 2, n. 5, p. 1658-1681, 2018.