

RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SOBRE AS POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO

Ailton Pires Leal¹

RESUMO : Este trabalho teve como objetivo compreender o que aponta a literatura sobre as formas adequadas de realizar a reciclagem e a reutilização de resíduos da construção civil, destacando os principais impactos ambientais da geração de resíduos, a legislação vigente sobre o tema e algumas possibilidades de reutilização de resíduos nessa atividade. Para alcançar esse propósito, procedeu-se a uma abordagem qualitativa, a fim de realizar a revisão de literatura. Foi verificado que a construção civil se configura como o principal gerador de resíduos, que tem diversos impactos negativos no meio ambiente, como poluição do solo, da água e aumento de descartes na natureza. Em atendimento a esses problemas, foram estabelecidos parâmetros e orientações para esse setor, sendo que o descarte incorreto de resíduos é considerado crime ambiental. A pesquisa ainda ressaltou a necessidade de reciclar e reutilizar é uma demanda urgente. Por isso, sublinhou que os resíduos de construção civil na própria obra, por exemplo, se mostra como uma alternativa viável que implica positivamente na redução dos impactos ambientais relativos à construção civil.

459

Palavras-chave: Construção. Reciclagem. Resíduos.

ABSTRACT: This work aimed to understand what the literature points out about the appropriate ways to carry out the recycling and reuse of waste from civil construction, highlighting the main environmental impacts of waste generation, the current legislation on the subject and some possibilities for reusing waste. waste in this activity. To achieve this purpose, a qualitative approach was carried out in order to carry out the literature review. It was verified that the civil construction is configured as the main generator of

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do UNIAGES- Centro> Universitário-Paripiranga, BA. E-mail: ailtonpiresleal@hotmail.com.

waste, which has several negative impacts on the environment, such as pollution of soil, water and increased discharges in nature. In response to these problems, parameters and guidelines have been established for this sector, and the incorrect disposal of waste is considered an environmental crime. The research also highlighted the need to recycle and reuse is an urgent demand. For this reason, he stressed that civil construction residues in the construction site, for example, are shown to be a viable alternative that positively implies in reducing environmental impacts related to civil construction.

Keywords: Construction. Recycling. Waste.

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa se inclina para a indústria da construção civil, mais especificamente direcionada aos resíduos da construção civil (RCC). Em linhas gerais, verifica-se que esse é um setor que ocupa uma importante posição na economia dos países, incluindo o Brasil. Isso porque representa uma relevante fatia dentre os setores que integram o Produto Interno Bruto (PIB) do País, gerando emprego e renda de diferentes formas (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

460

Não obstante, a indústria da construção civil reúne as maiores preocupações quando se fala em implicações na natureza. Analisado o contexto brasileiro, quando se fala em resíduos sólidos gerados, a construção civil é capaz de produzir mais da metade do total, a cada ano. Dentre outros fatores, isso é resultado do crescimento urbano, notado a partir do quantitativo de construções deste tipo em diversos locais do Brasil (NIERO, 2016).

Esse movimento tende a gerar grandes descartes de resíduos da construção civil. Mesmo considerando que o Brasil apresenta diversos documentos legais que orientam os procedimentos a serem adotados em situações como essas, estudos demonstram que o descarte adequado e a reutilização de resíduos sólidos recicláveis ainda é um dilema para muitos geradores de resíduos. Esses atores são normalmente representados por pequenas empresas ou mesmo pelos donos de habitações que não possuem conhecimentos suficientes sobre a legislação ou simplesmente porque negligenciam a tomada de decisão em relação ao destino adequado dos resíduos da construção civil, por diferentes motivos.

A construção civil usa de diversos tipos de materiais, desde o preparo do terreno até a finalização do projeto. São colas, concreto, tintas, resinas, madeira, plástico, vidro, dentre outras recursos. Todos esses materiais, quando não estão mais em uso, acabam sendo descartados, muitas vezes, de forma incorreta e indevida, podendo ocasionar a contaminação do solo. É fundamental conhecer os métodos de descarte que servem não apenas evitar tal situação, como também para diminuir o desperdício de todo o material que sobra ou que não serve mais.

Nesse contexto, objetivo deste estudo foi compreender o que aponta a literatura sobre a reciclagem e a reutilização de resíduos da construção civil, destacando os principais impactos ambientais da geração de resíduos, a legislação vigente sobre o tema e algumas possibilidades de reutilização de resíduos nessa atividade.

Para alcançar esse propósito, a metodologia mais adequada para a efetivação deste estudo foi de abordagem qualitativa, recorrendo-se a uma revisão de literatura. Por isso, os procedimentos de pesquisa bibliográfica foram adotados, de modo a colher informações de publicações como livros, artigos científicos, documentos legais e outras produções de cunho científico. Ressalta-se que não houve limitação de data, embora tenham sido priorizadas obras publicadas a partir de 2012 até 2021.

461

1 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

A sociedade tem demonstrado preocupação com os resíduos de construção e demolição, especialmente porque podem ter fortes impactos ambientais, e pode representar até 70% de todas as cidades do Brasil. Essa inquietação alcança patamares mais elevados quando se verifica que menos da metade desses resíduos pode ser reciclada (NIERO, 2016).

Nas abordagens de Menezes (2011), as fontes geradoras de RCD são consideradas relativamente permanentes, sob a justificativa de que obras sendo executadas sempre existirão, incluindo novas construções, reformas e demolições. Mesmo considerando a geração de resíduos nesses processos, o autor ainda sublinha que parte relevante das construções, sobretudo as e

dificações, contribuem para os impactos ambientais. Isso porque tendem a consumir energia para iluminação, bem como condicionamento do ar e aquecimento interno, dentre outras atividades, além de demandar grandes quantidades de água para diferentes fins.

Como Sienge (2017) coloca, os RCD podem ser provenientes de reformas de construções existentes, resultantes da demolição de construções, perdas de processamentos, dentre outras atividades, construções defeituosas que exigem sua demolição e reconstrução. A lista ainda se ramifica pelo uso de materiais com vida útil curta, a exemplo de estruturas de concreto pré-moldada, sendo que os resíduos podem ser produto da falta de qualidade dos bens ou serviços, implicando em perdas de materiais. Outros resíduos são inerentes à urbanização desordenada, que gera construções com falhas que demandam reformas e adaptações, ou resultantes de desastres ambientais relacionados à construção civil.

Como aponta Lacôte (2013), parte relevante dos resíduos da construção civil é gerada na fase de vedações e acabamentos. Contudo, o autor argumenta que isso acaba sendo resultado de um planejamento inadequado e deficiente da execução da obra, nesta etapa. Por este motivo, visando minimizar problemas como esses, são desenvolvidos diferentes métodos de racionalização construtiva.

462

Ao discorrer sobre as etapas em que ocorre a geração do tipo de resíduo discutido nesta pesquisa, Tessaro, Sá e Scremin (2012) apresentam quatro momentos distintos, tais quais: durante a construção; durante a manutenção; na demolição; e na escavação de terrenos. Podem ser gerados por pequenos ou grandes construtores que, independentemente da fonte geradora, possuem várias tipologias, exigindo gestão e gerenciamento adequados para cada um.

Para Leite et al. (2018), as principais causas de geração de resíduos estão relacionadas a confecção de projetos malfeitos. Nessa direção, argumenta que, nesses casos, são realizados projetos incompatíveis com as características do local ou com a realidade do demandante, há inconsistência em procedimentos padronizados de serviços, e armazenamento e transporte dos resíduos são feitos de forma inadequados no canteiro de obras. No caso de reformas, sobretudo àquelas sem acompanhamento de um profissional

adequado, a falta de conhecimentos sobre reciclagem e reutilização, e do potencial dos materiais, contribui para a geração de resíduos.

No processo de construção, em muitas situações, o manuseio de resíduos perigosos, por exemplo, acontece de maneira incorreta. Isso acontece especialmente quando o uso e disposição de tintas e solventes ocorre em ambiente descoberto e/ou sem a proteção do solo. É importante salientar que, em caso de chuva durante o uso incorreto desses materiais, a água pode carregar os resíduos até o solo, implicando em sua contaminação, em função das características dos resíduos (SCALONE, 2013).

Na época de sua pesquisa, Tessaro, Sá e Scremin (2012) identificaram as taxas de desperdícios, considerando valores médios, mínimos e máximos, justificados pela grande variação de dados existentes. Esses valores são apresentados na tabela 1, na sequência.

Tabela 1 – Taxas de desperdícios de materiais de construção no Brasil

Unidade	Taxas de desperdícios (%)		
	Média	Mínima	Máxima
Concreto usinado	9	2	23
Blocos e tijolos	13	3	48
Placas cerâmicas	14	2	50
Revestimento têxtil	14	14	14
Eletrodutos	15	13	18
Tubos	15	13	18
Tintas	17	8	56
Fios	27	14	35
Gesso	30	14	120

Fonte: Tessaro, Sá e Scremin (2012).

Portanto, verifica-se que o tipo de material com maior média na taxa de desperdício é o gesso, seguido de fios e tintas. Isso demonstra que, de modo geral, esses desperdícios implicam em resíduos oriundos de deficiências no processo de construção, evidenciando falhas na elaboração do projeto e em sua execução.

De certa maneira, esses dados estão em consonância com as informações do Relatório Construbusiness, do Departamento da Indústria da Construção e Mineração –

Deconcic (2019), ligado à Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), quando analisou o desperdício de recursos e as perspectivas da construção civil. Apontou que muitos desperdícios dessa indústria são relativos a materiais como gesso, blocos, tijolos, tintas e placas cerâmicas. Esses desperdícios podem ser gerados durante a estocagem, o transporte e o uso na obra.

2 O CONTEXTO AMBIENTAL

Em uma abordagem sobre a linha do tempo da humanidade, Brasileiro e Matos (2015) argumentam que os impactos ecológicos não foram considerados nas cidades primitivas, visto que a produção de resíduos era pequena. Entretanto, esse quadro passou a mudar com o desenvolvimento tecnológico a partir da revolução industrial, que alcançou os diferentes locais do mundo, e despertou uma preocupação reativa às questões ambientais. Estes autores colocam que a sociedade passou a questionar, tardiamente, as consequências das próprias ações, como efeito estufa, poluição do ar, aumento do consumo de matérias-primas não renováveis e a geração de resíduos. Esses fatores deram origem ao termo desenvolvimento sustentável.

464

Um dos pontos que deve caminhar em consonância com a construção civil diz respeito ao desenvolvimento sustentável². Como apontam Carvalho et al. (2015), seu conceito engloba três objetivos nucleares, quais sejam: promover o crescimento econômico; proteger o meio ambiente e valorizar o bem-estar do ser humano. Para alcançá-los, no entanto, é fundamental levar em consideração as necessidades e a influência de todos os atores sociais envolvidos, incluindo clientes internos e externos das organizações, fornecedores, empresários, governos, comunidade local, além do público em geral.

A demanda que cerceia esses objetivos pode ser evidenciada no desenho do histórico das relações entre as organizações empresariais, incluindo as de construção civil,

² O termo desenvolvimento sustentável é relativamente recente na historiografia da Humanidade. Foi apresentado pela primeira vez em 1991, pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), a partir da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), ocasião em que foi lançado o relatório intitulado *Our Common Future* (em português, “Nosso Futuro Comum”). Neste documento, o conceito de desenvolvimento sustentável é apresentado como a capacidade das gerações presentes terem suas necessidades supridas sem que comprometa a capacidade das próximas gerações alcançarem suas demandas (CMMAD, 1991).

e o meio ambiente. Até os anos de 1960, por exemplo, muitas empresas lançavam seus resíduos, efluentes e emissões no maio ambiente, sem haver uma preocupação referente aos impactos dessas ações. Não obstante, a partir da década de 1970, especialmente nos anos de 1980, debates concernentes à necessidade de proteção dos recursos naturais começaram a se intensificar, tendo como plano de fundo, ainda, a necessidade de as empresas responsabilizarem-se pelos resíduos gerados, buscando reduzir impactos (CNTL, 2003).

Discussões como essas, no período citado, foram essenciais para estabelecer ações de tratamento de resíduos, para o desenvolvimento e/ou aprimoramento das leis ambientais, bem como para a elaboração de regulamentações para a gestão de resíduos (SILVA et al., 2017). Fomentou-se a busca de um maior controle de agentes poluentes e o cumprimento da legislação, por meio de ações corretivas, depois de gerados os resíduos. Para tanto, o foco estava no uso de tecnologias de remediação e controle ao final dos procedimentos (POTT; ESTRELA, 2017).

Em um cenário em que a necessidade de proteção ao meio ambiente se torna uma preocupação, uma abordagem que colocou em voga a relevância da prevenção da poluição foi estruturada a partir da década de 1990, implicando em uma mudança de paradigma no que tange às questões ambientais. A prevenção da poluição pode ser apreendida como o uso de procedimentos, metodologias e métodos, materiais ou produtos alinhados à prevenção e redução da geração de agentes que ocasionam a poluição (DOTTO, 2012).

Assim, essa abordagem sublinha a adoção de atitudes proativas e a sensibilidade no que se refere à inquietude relativa à causa da geração de resíduos, dos efluentes e das emissões, com a finalidade de não gerá-los ou minimizar seus impactos no ambiente. Nesse sentido, a intenção primordial dessas ações permeia a proteção ambiental, melhorias no ambiente de trabalho e nos processos produtivos das empresas, possibilitando ganhos econômicos (CNTL, 2003).

Como se sabe, o ato de construir acompanhou a desenvolvimento do homem, incluindo seus desdobramentos econômicos. Com o passar dos anos, novos elementos foram integrados à maneira de se construir, aprimorando as técnicas, métodos e metodologias. Contudo, mesmo considerando a incorporação de tecnologias, esse

movimento revelou poucas alterações, haja vista que a construção ainda civil utiliza de empilhamentos em seus projetos. Acompanhando o aumento crescente na quantidade de construções em todo mundo, o quantitativo de resíduos por construção e demolição tem aumentado, o que gera preocupação em diferentes esferas da sociedade, desde ambientais até econômicas (LEITE, 2001).

De maneira simplista, Scremin (2007) define resíduos da construção civil como todo rejeito material usado na execução de diferentes etapas de obras relativas à construção civil. Neste caso, ainda para este autor, podem ser de diversos tipos, incluindo novas construções, reparos, reformas, restaurações, bem como demolições e obras de infraestrutura.

Os processos produtivos que resultam nos resíduos são diversos, sendo que seus impactos ambientais ainda demandam ações mais efetivas para atenuar os problemas ambientais. O descarte adequado dos resíduos é um dilema em vários países e, no caso do Brasil, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018), apontou que aproximadamente 48% das cidades não apresentam sistema de esgotamento sanitário em todas suas extensões, e que 69% dos resíduos produzidos são depositados em lixões.

466

Dados como esses são um alerta em relação aos resíduos, ainda mais quando observadas informações do IBGE (2010), ao apontar que o país produz cerca de 175.325 toneladas de lixo, a cada dia. Deste total, 63% são referentes à Construção Civil, revelando a gravidade de um problema que exige medidas mais efetivas.

De fato, há um consenso na literatura em definir a indústria da construção civil como a atividade de que possui maior impacto sobre o meio ambiente. Se, de um lado, os dados do IBGE (2010) apresentam este como um ramo que pode produzir mais da metade dos descartes que vão para o lixo, de outro Brasileiro e Matos (2015) sustentam que cerca de 50% dos recursos naturais extraídos são, também, relacionados à construção civil.

Por características como essas, também é razoável pensar que se trata de um dos vilões quando se fala em impactos ao meio ambiente. Desta forma, considera-se relevante estabelecer medidas que se orientem à minimização dos danos ambientais da construção civil, diante da demanda elevada de recursos naturais necessários para as construções. A

finalidade é impedir que os resíduos não sejam lançados à natureza sem nenhum tratamento. A figura 1, a seguir, mostra alguns exemplos de descartes inadequados de resíduos de construção.

Figura 1 – Processo linear do descarte de resíduos de construção civil. Figura 2 - Destino incorreto de resíduos de construção em área rural (esquerda) e urbana (direita)



Fonte: Silva e Liporoni (2011)

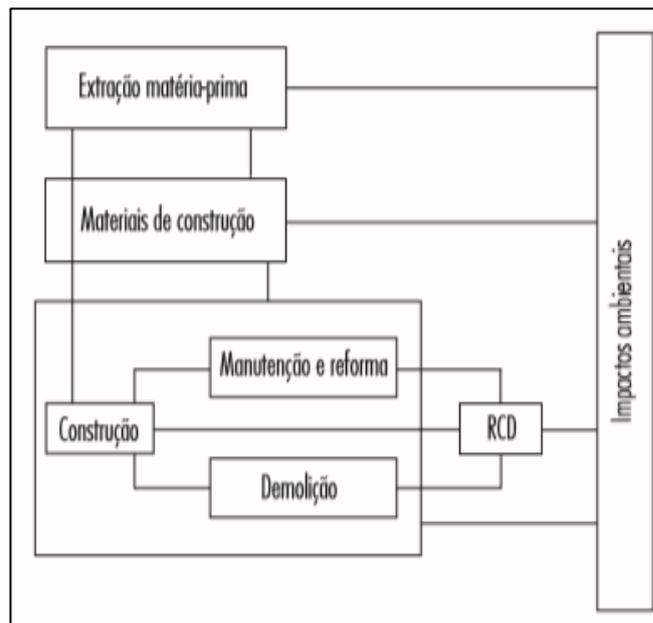
Conforme a figura 2, verifica-se o depósito inadequado de resíduos de construção, o qual está misturado ao resíduo doméstico. A magnitude desse problema evidencia que o Brasil ainda Caminha em passos lentos para direcionar adequadamente os resíduos de construção, fator que, segundo Silva e Liporoni (2011), é agravado quando se fala em construções de pequeno porte sem supervisão e acompanhamento profissional.

A preocupação com aspectos citados até aqui se torna mais latente quando se verifica que esse setor exige grande consumo de energia elétrica, em que até 80% deste recurso usado na construção de um edifício, por exemplo, pode ser consumido na produção e transporte de materiais. Além disso, gera poluição em quase a totalidade de seus processos, desde a extração de matérias-primas até a produção de cimento e concreto (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

A separação dos resíduos dentro de uma obra se apresenta como um fator de dificuldade entre os construtores, uma vez que o sistema construtivo convencional não possui grandes ações para separar os resíduos gerados ainda em sua origem. Sobre isso, John (2000) discorre que a existência de tubulações de descida de resíduos única, assim

como de caçamba única, faz com que as caçambas de resíduos de canteiros de obras acabem misturando diferentes tipos de resíduos. Como resultado disso, tem-se maior dificuldade na busca de reciclagem dos materiais. A figura 2, a seguir, esquematiza o processo linear de descarte de resíduos, apontando que esse modelo tem impactos negativos na natureza.

Figura 2 – Processo linear do descarte de resíduos de construção civil



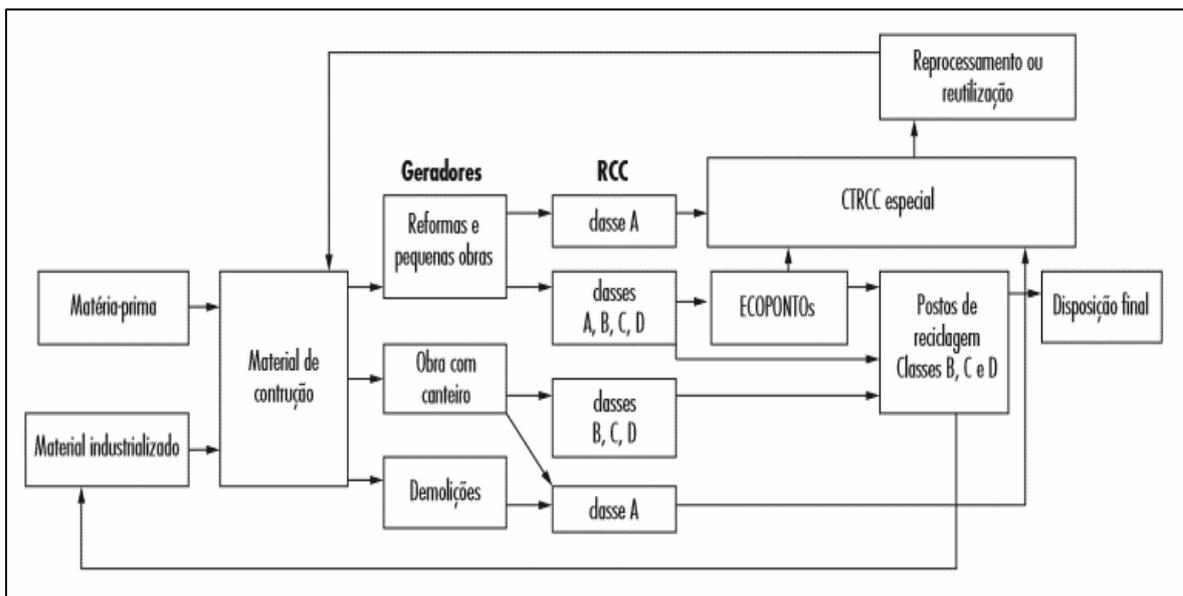
Fonte: Baptista Júnior e Romanel (2013).

Diante da figura 2, nota-se que um sistema linear de descarte desses resíduos constitui-se como um problema que implica em danos ao meio ambiente, desde a manutenção e reforma até a demolição, procedimentos resultantes da construção. Esses processos geram resíduos que, se não forem devidamente tratados, danificam o meio ambiente.

Portanto, a falta de um plano correto de alocação dos resíduos fogura como um entrave à eficiência deste tema. Para Guerra (2009), o maior problema está no destino dos resíduos da construção e demolição. Isso é observado quando se verifica o encaminhamento desses materiais a aterros públicos ou em depósitos ilegais, agravando não somente os problemas ambientais, mas se ramificando para danos sociais e de saúde pública.

Isso denota a importância de se elaborar um sistema ecologicamente eficiente, para descartar e destinar adequadamente os resíduos de construção civil. Nessa perspectiva, Baptista Júnior (2011) apresenta o sistema circular para a reciclagem e disposição final desses resíduos, como mostra a figura 3, a seguir.

Figura 3 – Processo circular de reciclagem e disposição final de resíduos de construção e demolição



Fonte: Batista Júnior (2011).

Considerando o esquema da figura 3, nota-se que o sistema é sustentável, em que os resíduos gerados, segregados em suas respectivas classes, podem ser novamente integrados à cadeia produtiva. Sendo assim, verifica-se que esse modelo está alinhado aos parâmetros legais que normatizam o gerenciamento de resíduos de construção civil no Brasil. Dessa forma, a adoção desses processos tende a atenuar os impactos ambientais, beneficiando os recursos naturais.

3 Resolução CONAMA: parâmetros para o planejamento e gerenciamento de resíduos da construção civil no Brasil

Os resíduos da construção e demolição são apreendidos popularmente como entulhos, que são os rejeitos de materiais utilizados na execução de obras da construção civil. Como este ponto da pesquisa se debruça sobre a Resolução Conama nº 307, de 2002,

que estabelece diretrizes, além de preconizar critérios e procedimentos para o gerenciamento dos RCC, é pertinente trazer a definição nela descrita. Assim, define esses resíduos, em seu Art. 2, como aqueles resultantes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil. Além disso, envolve aqueles resíduos consequentes de preparação e escovação de terrenos, a exemplo de tijolos, blocos cerâmicos, rochas, solos, metais, colas, tintas e outros materiais que são conhecidos como entulho de obras.

A Resolução nº307 é resultado de uma preocupação de diferentes setores da sociedade, inclusive do próprio CONAMA, em relação ao aumento da disposição de resíduos da construção civil em locais inapropriados para essa finalidade. Por isso, além de definir as diretrizes, critérios e outras orientações concernentes ao tema, disciplina as ações necessárias para atenuar os impactos ambientais da construção civil. São encontradas diversas definições de termos relacionados à gestão de resíduos, que serão descritos na sequência. Assim, coloca geradores são entendidos como pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que impliquem nos resíduos descritos na Resolução. Já transportadores figuram como pessoas, físicas ou jurídicas, que se encarregam de coletar e transportar os resíduos, neste caso, entre as fontes geradoras e as áreas de destinação (COMANA, 2004).

470

A Resolução nº307 ainda conceitua agregado reciclado enquanto o material granular resultante do beneficiamento de resíduos da construção. Para tanto, devem ser compostos por características técnicas para a aplicação em diferentes tipos de aplicações, quais sejam: obras de edificação e de infraestrutura; em aterros sanitários; ou em outras obras de engenharia. Dentre outras definições, ainda se encontra a de gerenciamento de resíduos, entendido como um sistema de gestão com vistas à redução, à reutilização e/ou à reciclagem de resíduos. Inclui planejamento, responsabilidades, práticas, bem como procedimentos e recursos com o intuito de desenvolver e implementar ações para efetivar as etapas previstas em programas e planos de ação. Os resíduos são classificados em classes, como expõe o quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Classificação dos resíduos da construção civil conforme a resolução CONAMA 307

		Origem e Tipificação	Destinação
Classes	A	<p>Resíduos considerados reutilizáveis ou recicláveis como agregados, podendo ser:</p> <p>a) de construção, de demolição, de reformas ou de reparos de pavimentação, além de outras obras de infraestrutura, incluindo solos de terraplanagem;</p> <p>b) de construção, de demolição, de reformas ou de reparos de edificações: podem ser representados por componentes cerâmicos, a exemplo de tijolos, blocos, telhas e outros materiais, bem como argamassa e concreto;</p> <p>c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto produzidas em canteiros de obras, citando-se blocos, tubos, meio-fio e outros materiais.</p>	<p>Devem ser utilizados ou reciclados na forma de agregados, ou direcionados a áreas de aterros de construção civil, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização e reciclagem, futura.</p>
	B	<p>Resíduos que podem ser recicláveis para outros destinos. Esses resíduos são exemplificados com plásticos, papel, papelão, metais, vidros, além de madeiras e embalagens vazias de tintas imobiliárias.</p>	<p>Devem ser utilizados, reciclados ou encaminhados a áreas consideradas de armazenamento temporário, a fim de permitir sua utilização ou reciclagem futura.</p>
	C	<p>São aqueles resíduos em que ainda não se tem tecnologias desenvolvidas ou que não possuam aplicações economicamente viáveis que possibilitem a sua reciclagem ou recuperação.</p>	<p>Devem ser armazenados, transportados e destinados de acordo com as normas técnicas específicas.</p>
	D	<p>Esta classe inclui os resíduos perigosos provenientes do processo de construção. São exemplos: tintas; solventes; óleos e outros materiais contaminados ou prejudiciais à saúde dos seres vivos, e também resíduos contaminados, resultantes de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, bem como de instalações industriais e outros serviços. Ainda, integra telhas e objetos e materiais que sejam compostos por</p>	<p>Devem ser armazenados, transportados e destinados de acordo com as normas técnicas específicas.</p>

	amianto ou outros produtos nocivos à saúde.	
--	---	--

Fonte: Elaborado a partir de Resolução CONAMA 302/2002, alterada pelas Resoluções n. 348/2002, n. 341/2001 e n. 469/2015.

Ainda conforme a Resolução citada, a gestão de resíduos da construção civil deve integrar diferentes etapas para sua correta efetivação, tais quais: caracterização; triagem; acondicionamento; transporte; e destinação. Tem-se que na etapa de caracterização, ao gerador, é reservada a obrigação de identificar e quantificar os resíduos. Dando continuidade, na triagem, o gerador deve realizá-la considerando a origem e a as áreas de destinação licenciadas para esse fim, levando-se em conta as classes de resíduos descritas anteriormente.

472

No que tange ao transporte, deve ser realizado em conformidade com as etapas antecedentes, balizando-se, nas normas técnicas vigentes no Brasil para o transporte de resíduos. Finalmente, a etapa de destinação é orientada de acordo com as classes dos resíduos. Cada resíduo possui suas especificidades, em que os de classe A devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou direcionados a aterro de resíduos de classe A, o qual deve reservar o resíduo para ser utilizado futuramente. Os de classe B devem ser reutilizados, reciclados ou dirigido a áreas apreendidas como de armazenamento temporário, possibilitando, sua utilização ou reciclagem futura. Os de classes C e D são armazenados, transportados e destinados balizando-se nas normas técnicas específicas para cada uma dessas classes.

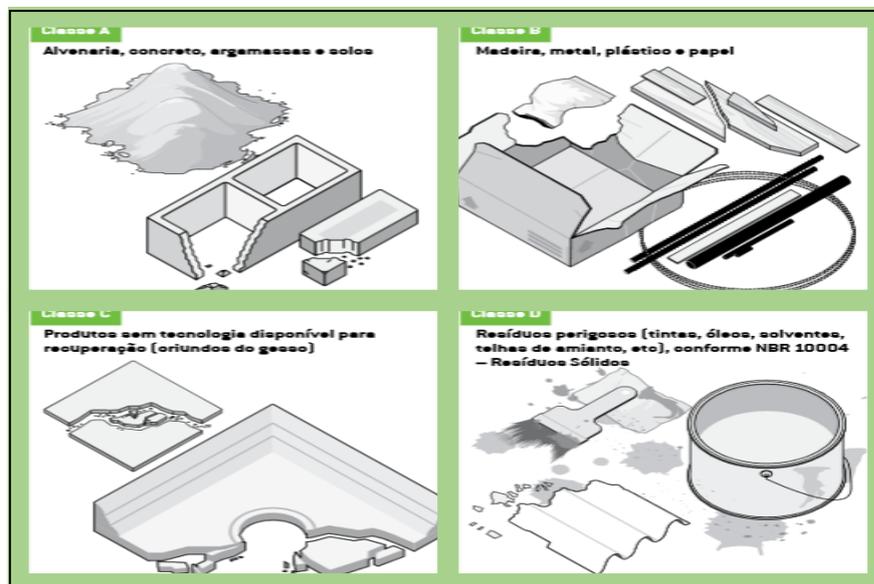
Levando-se em consideração que as diferentes classes de resíduos deste tipo implicam em danos ao meio ambiente de diversas formas, Sá, Malheiros e Santana (2018) argumentam que a adoção de parâmetros e procedimentos com vistas à gestão de resíduos de construção é uma demanda urgente. A justificativa para isso, segundo esses autores,

está principalmente nos ganhos ao meio ambiente e de seus recursos, haja vista que, quando realizado corretamente em todas as suas etapas, tende a minimizar os impactos ambientais e a diminuir a necessidade de soluções providenciais e emergenciais.

4 Reciclagem/reutilização de RCC: algumas aplicações

Se a construção civil é apontada como um dos principais setores na geração de resíduos, é também neste âmbito que se encontra o maior potencial para absorver os resíduos sólidos. Por isso, nesta parte da pesquisa, serão apresentadas algumas possibilidades de reciclagem de RCC, com o intuito de mostrar que, mesmo diante da grande geração de resíduos, há possibilidades de atender as necessidades da obra e dispor o alinhamento com as questões ambientais de conservação e preservação. A figura 4, a seguir, mostra exemplos de resíduos de construção civil que podem ser valorizados e incorporados em construções.

Figura 4 – Exemplos de resíduos de construção civil conforme Resolução CONAMA n° 307/2002



Fonte: São Paulo (2010).

Com base na figura 4, os tipos de materiais que dão origem aos RCC podem ser diversos e, classificados de acordo com a Resolução CONAMA n° 307/2002, tem-se a possibilidade de dispor um direcionamento adequado para cada tipo de resíduo. É

justamente essa classificação que se reveste de importância para promover o alinhamento ao que propõe a legislação vigente acerca da destinação dos RCC.

Ainda conforme a classificação da referida Resolução, evidenciam-se alternativas de valorização desses materiais. Assim, para resíduos de Classe A, a possibilidade de utilização na construção civil está na produção de agregados para argamassa, aterros na própria obra, ou destinados a aterros licenciados. No que se refere à Classe B, pode haver a reinserção de materiais na forma de matéria-prima em processos específicos para cada tipo de material. Já os de Classe C pode ser aproveitado na indústria de cimento na forma de insumo, enquanto os de Classe D, por serem considerados perigosos e sem valorização para reciclagem e reutilização, devem destinados atendendo ao que expressa a Resolução CONAMA nº 307/2002 (SÃO PAULO, 2010).

Os exemplos de aplicação dos RCC têm sido tema de estudo de diferentes autores, sendo utilizados para diferentes finalidades. Dessa forma, são verificadas diversas alternativas, incluindo seu uso na pavimentação de vias, especificamente nas camadas de base e sub-base de pavimentos, além de coberturas primárias de vias (SILVA; MALHEIROS; CAMPOS, 2013).

474

Também, podem ser utilizados na fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, produção de concretos e fabricação de pré-moldados, a exemplo de blocos, meio fio e outros produtos. Outra possibilidade é o agregado de concreto utilizado na fabricação de novos concretos, mostrando resultados satisfatórios, do ponto de vista técnico e de custos (PIMENTEL et al., 2018).

Os RCD podem se constituir de diferentes materiais, o que leva as pesquisas a estudarem várias formas de apresentação. Um exemplo disso é o trabalho de Reis (2016), que visou analisar a via de incorporação de resíduos de cerâmica incorporados em uma massa cerâmica utilizada na fabricação de tijolos. Ao final do estudo, o autor confirmou sua viabilidade, pois, identificou que esse processo possibilita a correta eliminação de um passivo ambiental, além de diminuir custos de produção e elevar as propriedades finais dos tijolos.

Durante o processo de produção, os resíduos devem ser adequadamente processados por um equipamento de britagem ou trituração até que seja alcançada a granulometria

desejada. O projeto para sua utilização no pavimento deve incluir a classificação do solo, e os resultados dos ensaios de dosagem solo-resíduos devem ser avaliados rigorosamente, assim como as variações da capacidade de suporte, da massa específica aparente máxima seca e ainda a umidade ótima e expansão (BEZERRA, 2019).

Ainda nas abordagens de Bezerra (2019), no entanto, a autora salienta que é necessário o exame da viabilidade econômica, para produzir agregados graúdos, como brita corrida, e agregados miúdos, a exemplo de areia média, no próprio canteiro de obra, pois, nessa situação, torna-se uma tecnologia relativamente cara. Este tipo de equipamento pode ser visto na figura 5, a seguir.

Figura 5 – Equipamento para reciclagem de resíduos de alvenaria e concreto



475

Fonte: Bezerra (2019).

Ao verificar a figura 5, percebe-se que é possível um encaminhamento adequado de resíduos de alvenaria e concreto, para ser utilizado durante a execução da obra. O quadro 2, na sequência, apresenta algumas experiências relacionadas ao uso de RCD em diferentes países. Para tanto, identifica o local, o a aplicação dos resíduos e os resultados encontrados.

Quadro 2 – Casos de uso de RCD em diferentes regiões do mundo

Local	Uso/aplicação	Resultados
Belo Horizonte	Reforço do subleito, sub-base e base.	Similaridades nas estruturas dimensionadas a partir de agregados reciclados e convencionais.
Manaus	Retirada do seixo (agregado graúdo) da mistura asfáltica substituindo por agregados reciclados.	As misturas com agregado reciclado demandam maior quantidade de ligante, visto que estes materiais possuem maior porosidade comparados aos convencionais.
Espanha	Agregado reciclado de RCD substituindo o agregado graúdo presente no concreto asfáltico.	Vantagens econômicas para obras, aliada à minimização dos impactos sociais e ambientais originados dos resíduos.
Estados Unidos da América	Aplicação de agregados reciclados de concreto em base e sub-base de pavimentos	Amostras de agregados reciclados de concreto e as misturas de agregados reciclados de concreto com brita graduada simples (BGS) mostram resultados de módulo de resiliência superiores ao longo dos anos.

Fonte: Morand (2016).

Conforme as informações contidas no quadro 2, nota-se que os RCD representam uma relevante alternativa para a pavimentação de vias, evidenciando benefícios ecológicos e econômicos. Contudo, a complexidade de sua produção, em alguns casos, merece ser mais bem avaliada, entretanto, seus ganhos podem ser evidenciados tanto imediatamente ao término do projeto e uso das vias, bem como no longo prazo.

Ao verificar a viabilidade técnica do uso de resíduos da construção civil para a produção de concretos, Barros e Fucale (2016) utilizaram o agregado miúdo reciclado em comparação com o natural. Os resultados mostraram que, embora o material reciclado seja mais heterogêneo que o natural, a produção de concreto com o agregado reciclado evidenciou uma resistência à compressão axial (33,3%), e uma resistência à compressão diametral (18,1%) superiores, em relação ao concreto convencional.

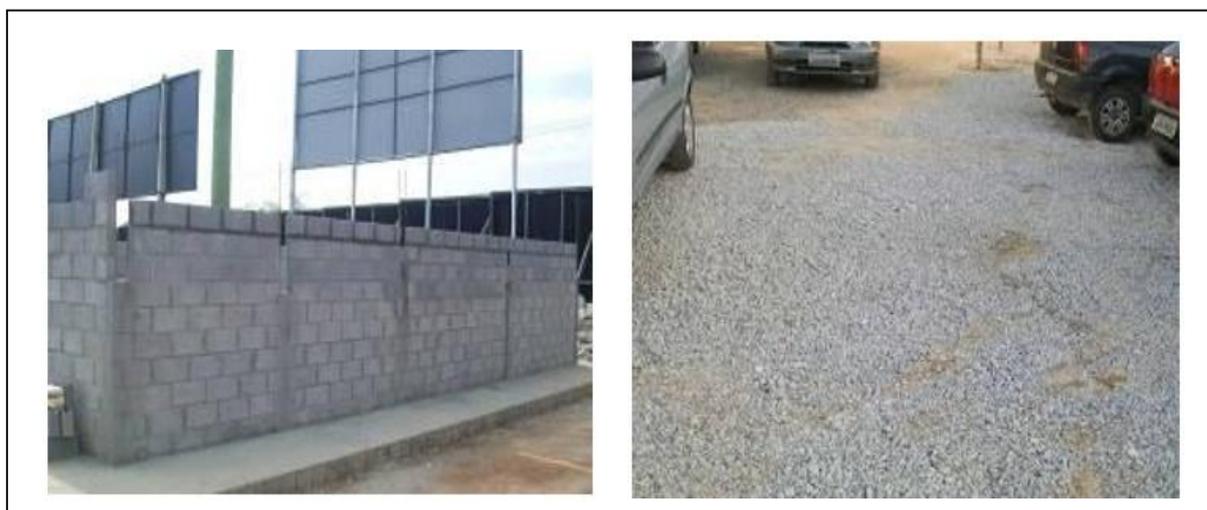
A fabricação de concreto a partir de resíduos de construção civil também foi tema do estudo de Leite (2001), neste caso, com o objetivo de analisar o desempenho do concreto elaborado com diferentes proporções de agregado graúdo e miúdo desse tipo de resíduo. No estudo, foi considerada a influência de diferentes dosagens de substituição dos agregados

grãos e miúdos reciclados em comparação que com os agregados naturais, e diferentes razões água-cimento sobre as propriedades do concreto, tanto em seu estado fresco como e estado endurecido. Ao final, constatou-se que a utilização do agregado reciclado constitui uma alternativa viável para a produção de concreto, levando-se em conta suas propriedades e características como resistência à pressão, à tração, bem como à tração na flexão, fatores que aumentam a vida útil do concreto.

Os agregados miúdos e grãos foram tema do estudo de Evangelista, Costa e Zanta (2010). Estes autores tinham como objetivo realizar uma proposta de sistematização para o processo de reciclagem de resíduos de construção Classe A em canteiros de obra, levando-se em consideração aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A figura 6 exemplifica possibilidades de utilização de resíduos de construção em graute e concreto magro para a construção das áreas de vivência, a partir de agregado reciclado.

Figura 11 – Exemplos de aplicação de resíduos reciclados em graute 16 MPa (esquerda) e regularização de vias de acesso (direita)

477



Fonte: Evangelista, Costa e Zanta (2010).

Conforme observado na figura 6, a reciclagem de resíduos de construção pode ser destinada ao próprio canteiro de obra. Dessa maneira, tem-se a possibilidade de reduzir quantidades significativas de resíduos que poderiam ser descartados no meio ambiente sem que houvesse o devido tratamento, como preconiza a legislação.

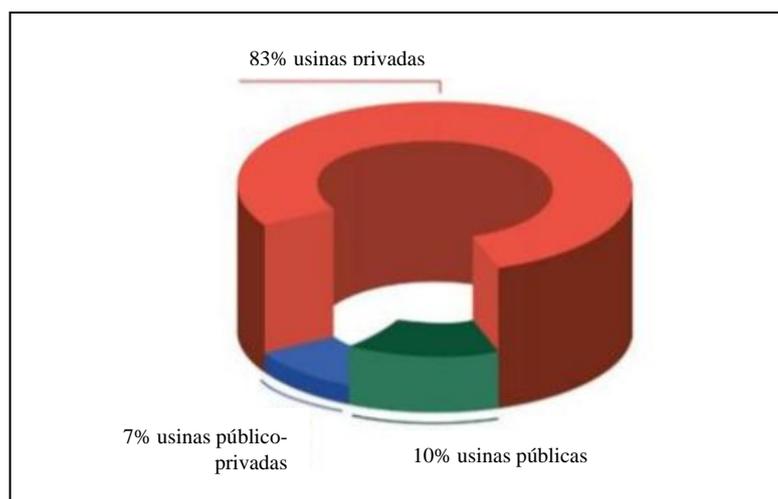
Além das formas de reciclagem já mencionadas, Brasileiro e Matos (2015) afirmam que esse tipo de resíduos, após o processo de moagem, pode ser empregados na contenção de encostas e calçamentos de concreto. As finalidades são diversas, e incluem o uso em blocos de concreto, tubos para drenagem, dentre outros destinos. Os autores ainda alertam que a reciclagem e reutilização de resíduos da construção civil é uma demanda que deve ser cumprida, seja pelo atendimento à legislação vigente ou pelo aspecto preservacionista.

Os RCC são compostos de muitos materiais passíveis de reciclagem ou reutilização. Segundo Lima e Cabral (2013), é comum que os materiais mais comuns restos de concreto e argamassa, podendo representar até 50% do total de resíduos, seguidos de solo e areia, que, juntos, podem chegar a 20% de todos os RCC. Levando-se em consideração as características e propriedades desses resíduos, nota-se seu grande potencial de reciclagem e reutilização em obras de construção civil.

Mesmo considerando os diversos avanços e benefícios apresentados ao longo desta pesquisa, sublinha-se que ações ainda merecem ser formuladas com maior rigor. Conforme Bernardes et al. (2008), os estudos que versam sobre os RCC evidenciam que o primeiro passo para estabelecer ações com o objetivo de gerenciar os resíduos de construção e demolição de maneira eficaz está na realização de um diagnóstico local. Seu intuito é identificar aspectos concernentes a esses resíduos, podendo-se citar: origem; taxas de geração; geradores; coleta; destinação final, dentre outros aspectos relevantes, para subsidiar o direcionamento de ações para resolver os problemas relacionados aos resíduos.

Portanto, diante de aspectos como os citados, verifica-se a necessidade de uma integração entre diferentes atores para proporcionar a destinação adequada dos resíduos, para que recebam o tratamento apropriado e, quando possível, seu retorno ao ciclo produtivo. Uma das possibilidades para isso é por meio de usinas destinadas ao tratamento de RCC. A figura 7 mostra a representação imagética da classificação de empresas que tratam desses resíduos quanto à titularidade do capital.

Figura 7 – Percentual de usinas que tratam os resíduos de construção civil e demolição no Brasil, em 2019



Fonte: Pereira et al. (2019).

479

Com base na figura 7, a maior contribuição para o tratamento dos resíduos de construção civil vem por meio de empresas privadas, por representarem 83% do total no Brasil. Além disso, conforme Pereira et al. (2019), independentemente dessa classificação, considerando a totalidade dessas empresas, as construtoras (28%) são principais usuários, seguidas de órgãos públicos (24%) e pessoas físicas (14%), além de outros clientes, a exemplo do setor de pavimentação e usinagem de asfalto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo constatou que os resíduos da construção representam mais da metade de todos os resíduos gerados pelo homem, revelando a magnitude desse setor. Além disso, a revisão mostrou que esses resíduos podem ser resultantes de construções existentes, de novas construções, de demolições e ainda decorrentes de desperdícios na execução da obra. Justamente por serem gerados dessa forma que a literatura informou que os resíduos de construção são, em certa medida, resultados de projetos de construção mal elaborados, constituindo um fator que merece atenção de seus planejadores.

Em relação à legislação vigente sobre o tema, este estudo se concentrou em uma resolução específica do CONAMA. Sendo assim, identificou-se que o Brasil apresenta parâmetros bem estabelecidos quando se fala em planejamento e gerenciamento de resíduos de construção civil. Isso, pois, apurou-se que esses resíduos devem ser adequadamente classificados e destinados corretamente, para atenuar os impactos ambientais da obra. Destacou-se que a gestão dos resíduos de construção deve ocorrer em etapas distintas, sendo reservada ao gerador a obrigação de identificar e quantificar os resíduos.

Em linhas gerais, percebeu-se que a atitude de reciclar e reutilizar parte de uma imposição de documentos normativos legais, em procedimentos que visem reduzir os impactos ambientais da construção civil. Sendo assim, a revisão apurou que atenuar os impactos ambientais consiste em uma atividade complexa, que deve ser realizada de forma integralizada entre os diferentes processos.

Foi percebido que os RCC apresentam relevante potencial de reciclagem, que pode e deve ser aproveitado pelos geradores. Isso pode ocorrer reutilizando na própria obra ou dando outra finalidade de reciclagem alinhada à minimização dos impactos ambientais. Ao identificar algumas possibilidades de aplicação dos resíduos, viu-se que podem ser diversas e, atendendo ao que propõe à legislação, deve acontecer considerando a classificação dos resíduos.

480

Nesse sentido, as construções podem incorporar os resíduos devidamente tratados como agregados, em processos específicos a partir do tipo de material e na indústria de cimento. Além disso, podem ser aplicados na pavimentação de vias urbanas e melhoramento do próprio canteiro de obras, visto que foram identificados diferentes benefícios da reinserção desses materiais na construção civil.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 6, n. 1, p. 28-38, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/cFjz9PTv7B8ppczGpNyTqPf/abstract/?lang=pt>. Acesso em 05 maio 2021.

BARROS, E.; FUCALE, S. O Uso De Resíduos Da Construção Civil Como Agregados Na Produção De Concreto. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 1, 8 nov. 2016. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/343/91>. Acesso em: 07 maio 2021.

BERNARDES, Alexandre; THOMÉ, Antonio; PRIETTO, Pedro Domingos Marques; ABREU, Águida Gomes de. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, jul./out. 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5699>. Acesso em: 06 maio 2021.

BEZERRA, Cláudia Maria da Silva. **Análise do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil em obras do município de São Paulo e Região**. 2019. 134 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019. Disponível em <http://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/2073/2/Claudia%20Maria%20da%20Si>

BRASILEIRO, Luzana Leite; MATOS, José Milton Elias. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 1, 178-189, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00178.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2021.

481

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – CMMAD. **Relatório Brundtland: Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf. Acesso em 21 abr. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002**. Brasília: Diário Oficial da União, 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em 21 abr. 2021

EVANGELISTA, Patricia Pereira de Abreu; COSTA, Dayana Bastos; ZANTA, Viviana Maria. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 23-40, jul./set. 2010. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/ac/v10n3/ao2.pdf>. Acesso em 09 maio 2021.

GUERRA, Jaqueline de Souza. **Gestão de resíduos da construção civil em obras de edificações**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp136758.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2021.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de Resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001124878>. Acesso em: 29 abr. 2021.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 abr. 2021

LIMA, Adriana Sampaio; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. Caracterização e classificação dos Resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). **Revista Engenharia Sanitária**, v. 18, n. 2, p. 169-176, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/ao9v18n2.pdf>. Acesso em: 06 maio 2021. [lva%20Bezerra.pdf](#). Acesso em 09 maio 2021.

482

MORAND, Fernanda Guerra. **Estudo das Principais Aplicações dos Resíduos de Obra como Materiais de Construção**. 2015. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35321>. Acesso em: 05 maio 2021.

NIERO, Jamile. **Reciclagem de resíduos da construção civil economiza recursos naturais e reduz custos**. Fecomercio, SP. 2016. Disponível em: <https://www.fecomercio.com.br/noticia/reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil-economiza-recursos-naturais-e-reduz-custos>. Acesso em: 05 maio 2021.

PEREIRA, Flávio de Moura; LOPES, Jucelio Pereira; MACEDO, Vitor Ferreira; NOGUEIRA, Rosana Del Picchia et al. Logística reversa dos resíduos da construção civil: estudo de aplicações com foco em empresas privadas. FATECLOG, 10, Guarulhos, 2019. **Anais...** FATECLOG, 2019. Disponível em: <http://fateclog.com.br/anais/2019/LOGÍSTICA%20REVERSA%20DOS%20RESÍDUOS>

%20DA%20CONSTRUÇÃO%20CIVIL%20ESTUDO%20DE%20APLICAÇÕES%20C
OM%20FOCO%20EM%20EMPRESAS%20PRIVADAS.pdf. Acesso em 05 maio 2021.

PIMENTEL, Lia Lorena; PISSOLATO JUNIOR, Osvaldo; JACINTHO, Ana Elisabete Paganelli Guimarães de; MARTINS, Heline Laura de Sousa. Argamassa com areia proveniente da britagem de resíduo de construção civil – Avaliação de características físicas e mecânicas. **Revista Matéria**, v. 23, n. 1, 2018 Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rmat/v23n1/1517-7076-rmat-S1517-7076201700010305.pdf>

SÁ, Marcos Vinicius Oliveira de; MALHEIROS, Alexandre José de Andrade; SANTANA, Claudemir Gomes de. A importância da resolução CONAMA 307 para a gestão dos resíduos sólidos da construção civil. **Revista do Centro de Estudo em Desenvolvimento Sustentável**, n. 9, ago.-dez., 2018. Disponível em: <http://sou.undb.edu.br/public/publicacoes/a-importancia-da-resolucao-conama-307-para-a-gestao-dos-residuos-solidos-da-construcao-civil-marcos-vinicius-alexandre-jose-e-claudemir-gomes.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

SÃO PAULO. Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE). **Manual para Gestão de Resíduos em Construções Escolares**. São Paulo: FDE, 2010. Disponível em <https://docplayer.com.br/13586039-Manual-para-gestao-de-residuos-em-construcoes-escolares.html>. Acesso em 09 maio 2021.

SCREMIN, Lucas Bastinello. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte**. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: http://www.mpdfpt.mp.br/saude/images/Meio_ambiente/Desenvolvimento_sistema_apoi_o.pdf. Acesso em: 25 abr. 2021.

SILVA, Clayton Borges da; LIPORONI, Francis. Deposição irregular de resíduos sólidos domésticos em Uberlândia: algumas considerações. **Revista Eletrônica de Geografia**, v.2, n.6, p.22-35, abr. 2011. Disponível em <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/2edicao/n6/3.pdf>. Acesso em 09 maio 2021.

SILVA, Núbia Cristina da; MALHEIROS, Agostinho Carneiro; CAMPOS, Roberto. A reciclagem e o destino final dos resíduos sólidos de construção e demolição produzidos no município de Goiânia”, CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, Salvador, 2013 Anais... IV CBGA, 2013. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/III-034.pdf>. Acesso em: 06 maio 2021.