



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Thais Cristina dos Reis Rodrigues

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM UMA OBRA
HABITACIONAL DE MÉDIO PORTE, NA CIDADE DE
UBERLÂNDIA-MG: ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE
MELHORIAS**

Uberlândia

2022

Gerenciamento de resíduos em uma obra habitacional de médio porte na cidade de
Uberlândia-MG: análise e proposição de melhorias

Thais Cristina dos Reis Rodrigues

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
Civil da Universidade Federal de
Uberlândia para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientação: Prof.^a Dr.^a Nágela Aparecida
de Melo.

Uberlândia

2022

Gerenciamento de resíduos em obra habitacional de médio porte na cidade de
Uberlândia-MG: análise e proposição de melhorias

Thais Cristina dos Reis Rodrigues

Uberlândia, agosto de 2022

Banca Examinadora:

Nome – Titulação (sigla da instituição)

Nome – Titulação (sigla da instituição)

Nome – Titulação (sigla da instituição)

Dedico este trabalho especialmente ao meu pai, José Ernani, in memoriam, por todo amor e compreensão e por ter se dedicado incansavelmente para que eu pudesse ter uma educação de qualidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter iluminado minha caminhada, por ter colocado boas pessoas em meu caminho e me dado forças para ir até o fim.

À minha mãe, Nelma, pela parceria, incentivo e apoio em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Alex e Ricardo, por compartilharem as alegrias e tristezas.

Aos meus amigos que sempre se fizeram presentes e tornaram essa jornada menos árdua.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Nágela Aparecida Melo, pelo comprometimento, dedicação e confiança em meu trabalho.

RESUMO

O setor da construção civil é um importante propulsor da economia de um país, em função da sua capacidade de geração de empregos e renda. Esse também contribui com as melhorias sociais, principalmente, pelas obras de empreendimentos habitacionais e de infraestrutura. Porém, esse setor também é grande consumidor de matérias-primas e de recursos como água e energia. Com a crescente degradação ambiental, tem sido percebida a necessidade de uma cultura mais sustentável nesse setor, de forma a atender as necessidades imediatas sem comprometer as gerações futuras, conforme um dos sentidos dado ao termo sustentabilidade. Construções sustentáveis visam integrar bons resultados com a preservação do meio ambiente, além de garantir economia e bem-estar social. O gerenciamento eficiente dos resíduos produzidos em obras é de suma importância no contexto de construções sustentáveis, levando em consideração o grande volume e o fato de que considerável parcela destes resíduos não é biodegradável. Tendo em vista tais fatores, o objetivo deste trabalho é analisar o gerenciamento dos resíduos de construção civil (RCC) em uma obra de médio porte na cidade de Uberlândia (MG) e propor melhorias tendo em vista a sustentabilidade e baseadas nas certificações ambientais. No desenvolvimento do trabalho, fez-se um diagnóstico da situação de uma empresa, no que diz respeito ao gerenciamento dos RCC, principalmente quanto a geração dos resíduos e formas de controle e manejo. Após isso, realizou-se uma avaliação e apresentaram-se alternativas para mitigar os problemas identificados. Os resultados demonstram que há a necessidade de uma revisão metodológica do gerenciamento de resíduos na obra analisada e que a implantação de algumas medidas como reaproveitamento da água, logística reversa de latas de tinta e reciclagem de plástico, são viáveis e necessárias do ponto de vista econômico, social e ambiental. Isso também contemplará benefícios para a empresa tais como melhor organização do canteiro e, conseqüentemente, mais produtividade e menores gastos com materiais.

Palavras-chaves: Resíduos da Construção Civil. Gestão de resíduos sólidos. Sustentabilidade. Construção civil. Reciclagem.

ABSTRACT

The civil construction sector is an important booster of a country's economy, being responsible for high job creation. This also contributes to social improvements, mainly through the construction of housing and infrastructure projects. However, this sector is also a major consumer of raw materials, water and energy. With increasing environmental degradation, the need for a more sustainable culture in the sector has been perceived, in order to meet immediate needs without compromising future generations, according to one of the meanings of the term sustainability. Sustainable constructions aim to integrate good results with the preservation of the environment, in addition to guaranteeing economy and social well-being. The efficient management of waste generated in construction is of paramount importance in the context of sustainable construction, taking into account the large volume and the fact that a considerable part of this waste is not biodegradable. In view of these factors, the objective of this work is to analyze the management and management of civil construction waste in a medium-sized work in the city of Uberlândia - MG and to propose improvements in the sustainable scope based on environmental certifications. In the development of the work, a diagnosis of the situation of a company was made, with regard to the management of RCC, especially regarding the generation of waste and forms of control and management. After that, an evaluation was carried out and alternatives were presented to mitigate the identified problems. The results demonstrate that there is a need for a methodological review of waste management in the analyzed work and that the implementation of some measures such as water reuse, reverse logistics of paint cans and plastic recycling are viable and necessary from an economic, social and environmental point of view. This will also include benefits for the company such as better organization of the site, and, consequently, more productivity and less material costs.

Keywords: Civil Construction Waste. Solid waste management. Sustainability. Construction. Recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aspectos relevantes sobre o Sistema de Gestão AQUA	26
Figura 2 - Processo de certificação.....	31
Figura 3: Planta baixa dos apartamentos da obra observada (unidades em cm)	32
Figura 4 – Croqui do canteiro e obras.....	33
Figura 5 – Sacarias de cimento estocadas sobre paletes.....	48
Figura 6 - Representação esquemática com destaque para o posicionamento em relação ao chão e à parede.....	48
Figura 7 – Empilhamento de blocos de concreto	49
Figura 8 – Feixes com vergalhões e armaduras	49
Figura 9 – Estoques de agregado a granel em baias.....	49
Figura 10 – Padronização dos adesivos para sinalização	51
Figura 11 – Croqui com alterações propostas no canteiro de obras	53
Figura 12 – Croqui com instalação das calhas no canteiro de obras	57
Figura 13 – Caixas d'água para aproveitamento de águas pluviais	57
Figura 14 – Canos de PVC e válvula de retenção de um sistema de aproveitamento de águas pluvias.....	57

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Armazenamento de sacos de cimento no canteiro de obra estudado, 2021.....	40
Fotografia 2 – Armazenamento de sacos de gesso no canteiro de obra estudado, 2021	41
Fotografia 3 – Armazenamento do agregado graúdo no canteiro de obra estudado, 2021.....	42
Fotografia 4 - Armazenamento das armaduras de aço no canteiro de obra estudado, 2021.....	42
Fotografia 5 – Armazenamento de blocos de concreto no canteiro de obra estudado: destaque para o alinhamento da pilha, 2021.....	43
Fotografia 6 - Armazenamento de blocos de concreto no canteiro de obra estudado: destaque para a altura da pilha, 2021.	43
Fotografia 7 – Entulhos dispersos no canteiro de obra estudado, 2021.....	44
Fotografia 8 – Acondicionamento de resíduos plásticos, cimentícios e metálicos misturados, 2021	45
Fotografia 9 – Acondicionamento de resíduos cimentícios, solo e partes de gesso acartonado misturados, 2021	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas do SGE	25
Quadro 2 - Geração de resíduos por etapa da obra observada.....	33
Quadro 3 - Lista de verificação: inspeção de limpeza e segregação de resíduos no canteiro de obra	38
Quadro 4 - Lista de verificação: inspeção de limpeza e segregação de resíduos por fase da obra	46
Quadro 5 - Exemplo de solução para acondicionamento inicial dos resíduos ...	50
Quadro 6 - Padronização internacional de cores	51
Quadro 7 - Transporte interno por tipos de resíduos	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de resíduos a partir de indicadores de geração	34
Tabela 2 – Consumo de água no canteiro de obras analisado	35
Tabela 3 – Quantidade estimada de resíduos e custo para destinação, na obra observada.....	36
Tabela 4 – Custo estimado para aquisição de equipamentos para acondicionar resíduos	52
Tabela 5 – Custo de instalação de sistema de aproveitamento da água pluvial	58
Tabela 6 – Comparativo de custos para reciclagem de resíduos cimentícios	60

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

ATT – Área de Transporte e Transbordo

BEPAC - Building Environmental Performance Assessment Criteria

BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CASBEE - Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

CERES - Coalition for Environmentally Responsible Economies

CIB - International Council for Research and Innovation in Construction

CNUCED - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

FIP - Fundação Israel Pinheiro

GBCBrasil - Green Building Council Brasil

HQE - Haute Qualité Environnementale

INMETRO - Sistema Nacional de Metrologia e Normalização e Qualidade Industrial

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

NABERS - National Australian Buildings Environmental Rating System

PGIRCC - Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Construção Civil

PGIRS – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PGRCC – Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PROCEL EDIFICA - Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SGE – Sistema de Gestão Empresarial

SindusCon – Sindicato da Construção Civil

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

SMSU – Secretaria Municipal de Serviços Urbanos

RCC – Resíduos da Construção Civil

RCD – Resíduos da Construção Civil e Demolição

USGBC - United States Green Building Council

QAE – Qualidade Ambiental do Edifício

SUMÁRIO

Agradecimentos	II
Resumo	I
Abstract.....	II
Lista de Figuras	III
Lista de fotografias.....	IV
Lista de quadros	V
Lista de Tabelas.....	VI
Lista de Siglas.....	VII
Sumário	IX
1 Introdução	1
2 Metodologia.....	2
3 Revisão Bibliográfica.....	3
3.1 Sustentabilidade ambiental e construção civil	3
3.2 Impactos ambientais da construção civil	7
3.3 Gestão de resíduos de construção civil	9
3.4 Gestão de resíduos sólidos no Brasil: Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Leis Estaduais e Municipais.....	11
3.5 Resolução nº 307/2002 CONAMA.....	15
3.5.1 ABNT NBR 10004:2004	17
3.6 Órgãos Fomentadores e Certificadores.....	19
3.7 Certificações.....	21
3.7.1 AQUA-HQE.....	23

4	Resultados	32
4.1	Caracterização da obra	32
4.2	Análise do armazenamento de materiais e gerenciamento de resíduos durante execução de uma obra de médio porte.....	35
4.3	Proposição de melhorias	46
4.3.1	Organização do canteiro de obras	47
4.3.2	Separação de resíduos de aço para logística reversa	54
4.3.3	Reaproveitamento de água	55
4.3.4	Implementação de usina de reciclagem na obra e reutilização dos resíduos de concreto	58
4.3.5	Reciclagem dos resíduos plásticos	61
5	Considerações finais	62
6	REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

A construção civil existe desde os primórdios da humanidade com o intuito de atender às necessidades básicas e imediatas dos seres humanos, e se expandiu gradualmente com o crescimento populacional. A indústria da construção civil está inserida na produção de bens de consumo e, portanto, gera impactos diretos no desenvolvimento e capacidade de produção de um país (FIRJAN, 2014).

Apesar da importância ativa que o setor da construção civil exerce sobre o desenvolvimento econômico do Brasil, esse setor permanece caracterizado, dentre várias citações de diferentes autores, como tradicional, conservadora, nômade, de produtos únicos e não seriados, longo ciclo de aquisição-uso-reaquisição e mão de obra de baixa capacitação (MESEGUER, 1991).

Graças a conscientização de que o desenvolvimento não deve ser avaliado apenas a partir de índices econômicos, tem-se, cada vez mais, uma preocupação com a autorregulação do sistema natural e, portanto, é fundamental analisar a situação atual sob o contexto das cidades, verificando como o setor da construção pode promover a sustentabilidade urbana e contribuir com o desenvolvimento ambiental no mundo (YUDELSON, 2013).

Dessa forma, a discussão acerca do desenvolvimento sustentável consiste em tratar os riscos dos impactos e ao mesmo tempo promover o diálogo entre o crescimento econômico, social e ambiental. A sustentabilidade confronta o problema incorporando a adoção de procedimentos que visam conter os riscos que influenciam os três âmbitos supracitados (ROMEIRO, 2012).

As motivações principais dessa pesquisa baseiam-se em três aspectos principais, sendo: os problemas cotidianos acarretados pela falta de uma gestão efetiva dos RCC, a necessidade cada vez mais crescente das empresas do setor da construção civil se atualizarem quanto ao compromisso com a preservação ambiental e obtenção de certificações ambientais e a possível economia gerada pela reutilização de resíduos e redução energética e de água.

Nessa perspectiva, este trabalho tem como propósito analisar a execução de uma obra habitacional multifamiliar de médio porte na cidade de Uberlândia - MG, no que diz respeito ao manejo e descarte de resíduos, além de levantar propostas de

melhorias. Sendo os objetivos específicos: verificar e analisar a forma de gerir os RCC gerados em uma obra durante a execução; levantar dados quantitativos e qualitativos da produção dos resíduos na obra; fazer uma análise crítica à forma de gestão de resíduos no canteiro de obras; estudar as certificações ambientais, com enfoque na AQUA-HQE, e as orientações nelas contidas; propor maneiras de melhorar a gestão dos RCC na obra a partir das diretrizes recomendadas na certificação supracitada.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na elaboração do presente trabalho foi dividida em três etapas. Primeiramente, fez-se a revisão bibliográfica baseada em resoluções de conselhos deliberativos, legislações, livros e dissertações relacionadas ao tema. De acordo com Lakatos e Marconi (2003), a finalidade da revisão bibliográfica “é colocar o pesquisador em contato direto com tudo que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas.”

Considerando a quantidade de temas expostos nessa fase, percebe-se que tal estudo requer conhecimento sobre várias áreas, como: legislações vigentes em âmbito federal, estadual e municipal; indústria da construção civil e sua relação com a sustentabilidade; gestão de resíduos; normativas técnicas; certificações e seus regulamentos.

A segunda etapa da pesquisa baseou-se no levantamento de dados junto à empresa responsável pela obra. Esta verificação foi feita a partir do *software* computacional utilizado pela empresa (Siecon). No Siecon há registros de todos os materiais que foram adquiridos para a execução do empreendimento, assim como os valores pagos por item. Dessa forma, foi possível verificar a quantidade de resíduos gerados durante toda a execução do empreendimento, considerando a quantidade locada de caçambas, e os gastos desprendidos para destinação de tais resíduos.

Também nesta etapa, elaborou-se um checklist – embasado no livro “Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil – A experiência do SindusCon-SP” – onde foram atribuídas notas de 1 a 10 para a gestão de resíduos da obra em questão. As notas foram conferidas de acordo com os fundamentos teóricos e exemplos contidos

no livro supracitado. O checklist foi preenchido pela autora do trabalho, diante de observação crítica quanto aos critérios de limpeza, organização, segregação de resíduos e acondicionamento de materiais.

O trabalho em campo foi executado no período de 30 dias, com visitas diárias ao canteiro. Durante a realização deste trabalho, pôde-se acompanhar desde a execução estrutural de alguns blocos até a finalização de acabamentos em outros, devido ao cronograma de serviços no canteiro.

Na terceira e última etapa do trabalho, fez-se um estudo da certificação AQUA-HQE. Tal estudo possibilitou a geração de ideias aplicáveis quanto à proposição de melhorias na gestão de resíduos da obra. Portanto, analisando os dados obtidos na etapa anterior e considerando os itens requeridos para a certificação AQUA-HQE, pôde-se sugerir melhorias no quadro atual da obra estudada no que diz respeito à gestão de resíduos. Assim, levando em conta a viabilidade para tais mudanças no contexto da obra em questão, as propostas foram fundamentadas nas categorias 3, 5 e 6 da certificação – que discorrem sobre um canteiro de obra com baixo impacto ambiental, gestão de água e gestão de resíduos, respectivamente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sustentabilidade ambiental e construção civil

Segundo registro do Relatório de Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, o conceito de sustentabilidade surgiu no fim da década de 1980, com o início da discussão sobre desenvolvimento sustentável e reflexões sobre minimização de problemas e impactos ambientais (NASCIMENTO, 2012).

As primeiras discussões relevantes para o tema discutiram apenas ciência, não política e, portanto, levaram-se vários anos para que as questões abordadas nas várias conferências sobre meio ambiente fossem mais amplamente discutidas nas políticas internacionais de conservação (LAGO, 2006).

No início da década de 1990, com o conceito de desenvolvimento sustentável já difundido pelas conferências ambientais mundiais, países europeus e norte-

americanos desenvolveram as primeiras metodologias de avaliação de edifícios, sendo a Inglaterra precursora do sistema BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) (CAVALCANTE, 2011).

Em 1992, foi realizada a ECO-92, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUCED), que reuniu representantes de 175 países e ONGs, na cidade do Rio de Janeiro. Considerado por muitos como o evento ambiental mais importante do século 20, a ECO-92 foi o primeiro grande encontro ambiental internacional a ser realizado após o fim da Guerra Fria. Nessa Conferência, foram aprovados mais documentos políticos, como a Declaração do Rio e a conhecida Agenda 21. Também foram discutidos temas mais específicos, como Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Declaração sobre Florestas (RODRIGUES, 2020).

Em 1996, foi realizada a conferência da ONU Habitat II, na Turquia, onde foram discutidos o destino das cidades e propostas de sustentabilidade em assentamentos humanos. Em 1997, ocorreu em Boston, nos Estados Unidos, a Global Reporting Initiative, cujas origens estão na Coalition for Environmentally Responsible Economies (CERES) e no Tellus Institute. O objetivo era criar um mecanismo de responsabilização para garantir que empresas seguissem os princípios da CERES (RODRIGUES, 2020).

Em 1999, o International Council for Research and Innovation in Construction (CIB) lançou a Agenda Setorial para a Construção Sustentável (CIB Agenda 21 para a Construção Sustentável), em consonância com os objetivos do relatório Brundtland, Agenda 21 (1992), Habitat II e Protocolo de Kyoto. Também em 1999, o United States Green Building Council (USGBC) criou o selo de certificação de edifícios Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (MACEDO, 2011).

Em 2002, a França lançou seu programa de certificação ambiental de construções, o Haute Qualité Environnementale (HQE). O Japão também lançou seu programa de certificação, o Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CasBee) (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Em 2007, foi criado o Green Building Council Brasil (GBCBrasil), que visa ser referência na avaliação e certificação de construções sustentáveis no Brasil, através da regionalização da ferramenta de avaliação LEED, e foi criado também o Conselho

Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), cujo objetivo é estimular conceitos e práticas sustentáveis na construção civil, e o selo Ecológico Falcão Bauer, para produtos e tecnologias sustentáveis (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Em 2008 foi lançado o selo brasileiro de certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental), baseado na certificação francesa HQE. Em 2012, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20 – assim conhecida porque marcou os vinte anos de realização da ECO-92 –, e contribuiu para definir a agenda do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas (RODRIGUES, 2020).

Em 2015, representantes dos 193 estados membros da ONU se reuniram em Nova York, desenvolvendo um plano de ação que resultou na Agenda 2030. Este evento consiste em um conjunto de programas, ações e diretrizes, com o objetivo de orientar o trabalho das Nações Unidas e de seus países membros para o desenvolvimento sustentável (ANDRADE, 2017).

No caso do Brasil, as medidas que levariam a condições de vida mais sustentáveis são sistematizadas e documentadas apenas em nível teórico, como é o caso da Agenda 21 brasileira, pois as ações propostas não foram efetivamente implementadas, embora tenham gerado um grande espaço para discussão, com a produção de documentos com propostas adaptadas às condições locais (KARPINSKI, 2007).

Na Construção Civil, o conceito de sustentabilidade contribuiu para a criação de entidades promotoras e certificadoras, como o United States Green Building Council (USGBC) dos Estados Unidos, país que é um dos pioneiros na área cujo conselho é o maior órgão certificador internacional de construções verdes (MINGRONE, 2016).

O conceito de sustentabilidade integra “aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana com a preocupação principal de preservá-los, para que os limites do planeta, a habilidade e a capacidade das gerações futuras não sejam comprometidas” (SILVEIRA, 2017).

Segundo Silveira (2017), o tema sustentabilidade dentro do ramo da construção civil ganhou maior destaque com o lançamento do texto Agenda 21 para a construção sustentável, cujo objetivo é criar um alerta a todos os setores da Indústria da

Construção Civil sobre os problemas ambientais com que interagem e da urgência em programar ações eficazes para combatê-los.

De acordo com Duarte et al (2016), os princípios básicos da construção sustentável estão ligados à: qualidade ambiental interna e externa; redução do consumo energético; redução dos resíduos; redução do consumo de água; aproveitamento de condições naturais locais; implantação e análise do entorno; reciclar, reutilizar e reduzir os resíduos e à inovação.

A qualidade do ambiente interno diz respeito ao conforto ambiental das edificações e leva em consideração a acústica, as condições térmicas e as condições luminosas, aliado ao aproveitamento das condições naturais locais, ressaltando a importância de evitar danos a fauna, flora e ao ecossistema local (DUARTE, 2016).

Quanto ao princípio relacionado a resíduos, Duarte et al (2016) explanam que a gestão correta dos resíduos é essencial em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento. Para tanto, devem ser desenvolvidos programas que atendam à Política Nacional de Resíduos Sólidos e à Resolução CONAMA 307/2002, por meio de sistemas de gestão voltados à redução, reutilização e reciclagem de resíduos, bem como a destinação adequada dos resíduos.

Para a redução dos impactos ambientais e para prática da construção sustentável, deve-se buscar a otimização do uso da água. Gestão e economia de água em um empreendimento baseiam-se na utilização de sistemas com o objetivo de reduzir o consumo de água, aproveitando o recurso natural através do reaproveitamento da água da chuva captada e tratada para as atividades do empreendimento, e também no reaproveitamento de água de lavagem para uso sanitário e uso de torneiras com acionamento eletrônico (DUARTE, 2016).

Da mesma forma que se busca a redução do consumo de água, o mesmo é feito para o consumo de energia. Segundo Marques, Gomes e Brandli (2017), a eficiência energética baseia-se no uso de fontes renováveis, utilizando os recursos naturais do meio ambiente, e no uso de fontes alternativas de energia, como aquecedores solares e a gás.

3.2 Impactos ambientais da construção civil

A atividade da construção civil tem grande impacto no meio ambiente devido ao consumo de recursos naturais ou extração de jazidas minerais; o consumo de energia elétrica nas fases de extração, transformação, fabricação, transporte e aplicação; da geração de resíduos resultantes de perdas, desperdícios e demolições, bem como do desmatamento e mudanças no relevo (SILVA, 2014).

De acordo com Brasileiro e Matos (2015), estima-se que a cadeia de processos da construção civil seja responsável pelo consumo de 20 a 50% de todos os recursos naturais disponíveis, renováveis e não renováveis. O impacto negativo da extração de matérias-primas para uso na construção inclui desmatamento, erosão do solo e poluição do ar e da água. A produção, transporte e uso de materiais contribuem para a poluição global, bem como as emissões de gases de efeito estufa e poluentes do ambiente externo das edificações.

Os principais impactos causados pela construção civil estão relacionados ao consumo de água, emissões atmosféricas, consumo de energia e geração de resíduos. Além do alto consumo de recursos naturais, o setor também é responsável por um alto índice de emissões de gases de efeito estufa, principalmente na produção de componentes utilizados na construção civil. E, além disso, é um grande gerador de resíduos em todas as etapas de sua cadeia produtiva (GOUVEIA, 2012).

Segundo Rios (2014), os impactos ambientais ocorrem desde a extração da matéria-prima, nas etapas de projeto e concepção da produção, transporte dos materiais que serão utilizados na construção, bem como nas etapas de construção, uso e manutenção do empreendimento até a demolição.

A principal fonte de emissões atmosféricas é a fabricação de materiais e componentes de construção. As indústrias de cimento e alumínio são grandes emissoras de CO₂. A cadeia produtiva da construção civil representa 8% das emissões atmosféricas no Brasil, considerando a produção de cimento e aço, transporte e extração de madeira (DUARTE, 2016).

Sabe-se que toda produção de energia causa impacto ambiental. Em todo o mundo, mais de 80% da energia produzida provém de fontes de combustíveis fósseis, que geram poluentes responsáveis pelo efeito estufa. Durante todo o seu ciclo de vida,

os edifícios consomem aproximadamente 50% de toda a energia final disponível no país e a maior parte desta energia é consumida na fase de ocupação do edifício (GRANZIERA; REI, 2015).

Os dados sobre o consumo de recursos hídricos também são preocupantes. A construção civil é responsável por grande parte do consumo mundial de água potável. Em áreas urbanizadas, pode chegar a 50% do uso da água potável fornecida à região. O uso de fontes alternativas em substituição à água potável pode ajudar a reduzir esse valor em 30% a 40%, contribuindo para a redução dos impactos causados por esse setor. Grande parte dos problemas de uso sustentável da água no Brasil está relacionada às perdas no sistema de abastecimento, pois 1/3 da água retirada da natureza pelas empresas de abastecimento é perdida durante o processo de distribuição (ARAÚJO, 2020).

A enorme quantidade de resíduos produzidos pela construção civil tem sido notícia frequente devido aos problemas urbanos, sociais e econômicos envolvidos. A gestão destes resíduos torna-se mais complicada quanto maior for a quantidade produzida (GOUVEIA, 2012).

Segundo Cardoso (2015), mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas é proveniente da construção civil. Os resíduos da construção civil são definidos como resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

De acordo com Roth e Garcias (2009), o setor é um grande gerador de resíduos e isso é visto como um impacto negativo ao meio ambiente, pois a destinação inadequada desses resíduos pode causar problemas como assoreamento de sistemas de drenagem urbana, córregos e rios e contaminação de mananciais.

O problema da grande geração de resíduos da construção civil é a falta de planejamento das cidades para a correta destinação desses (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Contudo a Resolução CONAMA 307/2002 propõe que seja feita a gestão dos

resíduos da construção civil, por meio de um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que deve ser elaborado pelo próprio município (BRASIL, 2002).

Os RCCs, quando dispostos de forma inadequada, resultam em sérios problemas para a gestão ambiental urbana, como o esgotamento prematuro das áreas de disposição final, a oclusão de elementos de drenagem urbana que, em épocas de grande demanda pluviométrica, comprometem a vazão, permitindo enchentes e a proliferação de vetores epidêmicos, resultando em um problema de saúde pública, que seria resolvido corrigindo a deposição regular de entulho e sujeira nas vias públicas (CONTE; SOLDATI, 2020).

3.3 Gestão de resíduos de construção civil

A sustentabilidade ambiental e social na gestão de resíduos sólidos é construída por meio de modelos e sistemas integrados que possibilitam a redução dos resíduos gerados pela população. Essa redução ocorre com a implantação de programas que permitem também o reaproveitamento desse material e, por fim, a reciclagem, para que possam servir de matéria-prima para a indústria, reduzindo desperdícios e gerando renda (CARDOSO, 2015).

Segundo Conte e Soldati (2020), a gestão do RCC é um método relacionado que envolve práticas cotidianas e tratamento direto com os resíduos, no qual são planejadas ações de forma a prever os riscos e impactos que têm causado. Para isso, é realizado o controle da gestão de resíduos no canteiro de obras. As atividades técnicas devem ser conduzidas com responsabilidade por profissional habilitado.

É fundamental entender que os resíduos gerados nas obras, possuem características únicas que variam de acordo com a função do local de geração, a tecnologia e o material aplicado na obra, a qualidade do projeto e da mão de obra e todas essas questões diretamente interferem na quantidade de RCC gerado no canteiro de obras (CONTE; SOLDATI, 2020).

De acordo com Política Nacional dos Resíduos Sólidos (2010), os resíduos sólidos se definem como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Os RCC são materiais “provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos” (CONAMA, 2002).

A geração de resíduos do setor da construção civil tornou-se um importante problema ambiental. Portanto, com a grande quantidade de resíduos gerados e a falta de gestão, os riscos ambientais estão aumentando gradativamente (REIS, 2021).

Segundo Reis (2021), devido ao aumento dos impactos ambientais, foram criadas diversas normas e legislações em todas as esferas que impuseram regras e classificações de resíduos para melhor gerenciá-los. Os mecanismos de gestão incluem o processo de reciclagem e/ou reaproveitamento de resíduos da construção civil, alguns com a correta separação podem ser reciclados ou reaproveitados, não poluindo o meio ambiente. O gerenciamento de resíduos sólidos é o planejamento de um sistema que organize esses despejos, sendo necessário implementar desde o canteiro de obras.

De acordo com Azevedo, Kiperstok e Moraes (2006), para se tornar sustentável do ponto de vista ambiental e econômico, a construção deve se basear na prevenção e redução dos resíduos gerados, o que pode ser alcançado com a aplicação de metodologias de Produção Limpa em todo o processo construtivo e na vida útil de uma edificação.

A superação de desafios internos e externos ao longo da cadeia produtiva é urgente, a fim de garantir avanços no atual estágio da gestão de resíduos sólidos no setor, tais como: a promoção e implementação da autorregulação; o exercício efetivo e obrigatório da logística reversa e a formalização dos fluxos, para que seja explicitada a matriz de responsabilidades pós-obra, exigindo a plena legalidade da atuação dos agentes transportadores e receptores (CALVI, 2018).

De acordo Karpinski et al (2008), um conjunto de ferramentas adequadas para aplicação imediata nas construtoras brasileiras, como drywall - que são paredes de

gesso acartonado e concreto protendido, utilizado em lajes planas - já são utilizadas por algumas construtoras. No entanto, poucas empresas aderiram a essas mudanças; não há estudos científicos e os resultados práticos ainda não são conhecidos. Em relação à reciclagem, existem vários estudos com bons resultados, mas ainda com grande potencial de evolução.

Existem normas e legislações, no Brasil, que orientam e definem as condições adequadas de manejo dos resíduos sólidos. Essas condutas estabelecem preceitos a serem seguidos por empresas, municípios e toda a federação (REIS, 2021).

Para firmar o cumprimento das normas estabelecidas, a fim de gerenciar os resíduos, foi criada a Lei Federal da Política Nacional de Resíduos - PNRS 12.305/2010. A seguir, busca-se apresentar os aspectos principais com relação a essa Lei e sobre as resoluções do CONAMA que tratam diretamente dos resíduos de construção civil.

3.4 Gestão de resíduos sólidos no Brasil: Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Leis Estaduais e Municipais

A Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tem o principal objetivo de organizar e exigir do poder público e privado a gestão e o manejo dos resíduos sólidos de maneira correta, conforme estabelece o art. 9º da referida Lei:

Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

De acordo com Reis (2021), a partir dessa lei, os estados e municípios começaram a se organizarem para que os resíduos sólidos fossem manejados corretamente, contudo, existem inúmeros obstáculos que dificultam o planejamento, regulação e adequada operação dos serviços de manejo de resíduos sólidos.

Outro ponto importante na lei é a discussão da logística reversa, que consiste em [...] instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu

ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

No âmbito estadual, a lei nº 18.031 (Minas Gerais, 2009), institui o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, que prevê uma série de penalidades em decorrência do não cumprimento desta legislação e reafirma o compromisso da lei nº 14.128 (Minas Gerais, 2001) que trata da política estadual de reciclagem de materiais, tal Lei tem por objetivo dar suporte e incentivo ao uso, a comercialização e a industrialização de materiais recicláveis e dentre eles está citado no inciso IV do Art. 1º o entulho de construção civil, porém não trata especificamente dos resíduos da construção civil.

Conforme a Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos:

Art. 1º - A Política Estadual de Resíduos Sólidos far-se-á com base nas normas e diretrizes estabelecidas por esta Lei, em consonância com as políticas estaduais de meio ambiente, educação ambiental, recursos hídricos, saneamento básico, saúde, desenvolvimento econômico, desenvolvimento urbano e promoção da inclusão social.

Art. 2º - Aplicam-se aos resíduos sólidos, além do disposto nesta Lei, as normas homologadas pelos órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA -, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA -, do Sistema Nacional de Metrologia e Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO - e da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

XVI - Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos o documento integrante do processo de licenciamento que apresenta um levantamento da situação, naquele momento, do sistema de manejo dos resíduos sólidos, a pré-seleção das alternativas mais viáveis e o estabelecimento de ações integradas e diretrizes relativas aos aspectos ambientais, educacionais, econômicos, financeiros, administrativos, técnicos, sociais e legais para todas as fases de gestão dos resíduos sólidos, desde a sua geração até a destinação final.

Art. 7º - São diretrizes da Política Estadual de Resíduos Sólidos:

I - a participação da sociedade no planejamento, na formulação e na implementação das políticas públicas, bem como na regulação, na fiscalização, na avaliação e na prestação de serviços, por meio das instâncias de controle social;

II - a promoção do desenvolvimento social, ambiental e econômico;

Art. 8º - A Política Estadual de Resíduos Sólidos tem por objetivos:

I - estimular a gestão de resíduos sólidos no território do Estado, de forma a incentivar, fomentar e valorizar a não-geração, a redução, a reutilização, o

reaproveitamento, a reciclagem, a geração de energia, o tratamento e a disposição final adequada dos resíduos sólidos;

II - proteger e melhorar a qualidade do meio ambiente e preservar a saúde pública;

III - sensibilizar e conscientizar a população sobre a importância de sua participação na gestão de resíduos sólidos;

IV - gerar benefícios sociais, econômicos e ambientais;

V - estimular soluções intermunicipais e regionais para a gestão integrada dos resíduos sólidos;

VI - estimular a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e processos ambientalmente adequados para a gestão dos resíduos sólidos.

Outro instrumento regulamentador da esfera estadual, em Minas Gerais, é o Decreto nº 45.181, de 25 de setembro de 2009, que dispõe, dentre outros, sobre a execução da Política Estadual de Resíduos Sólidos. O referido Decreto ressalta as responsabilidades do Poder Público, referente a fiscalização da gestão dos resíduos sólidos efetuada pelos diversos responsáveis e desenvolvimento de programas e metas à gestão dos resíduos sólidos. Além de descrever as competências desenvolvidas por órgãos públicos como a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM).

As regras da Deliberação Normativa nº 232/2019, que instituiu o Sistema Estadual de Manifesto de Transporte de Resíduos (Sistema MTR-MG), passaram a ser obrigatórias em 09 de outubro de 2019, salvo no caso dos resíduos da construção civil (RCC). Para os RCC o início da obrigatoriedade se daria em 09 de abril de 2020, porém tal prazo foi temporariamente suspenso devido à situação de emergência em saúde pública resultante da pandemia de COVID-19.

Com base na Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM/ARSAE nº 3.023/2020, publicada em 20 de novembro de 2020, o registro de movimentação de resíduos da construção civil no Sistema MTR-MG tornou-se obrigatória a partir de 4 de dezembro de 2020.

Dessa forma, geradores, transportadores, armazenadores temporários e destinadores de resíduos da construção civil devem estar cadastrados no Sistema MTR-MG, registrar nesta plataforma a movimentação de resíduos da construção civil gerados e/ou recebidos em Minas Gerais e realizar as demais obrigações estabelecidas na DN 232/2019.

Com o objetivo de orientar os municípios mineiros na gestão adequada de resíduos sólidos, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam, em parceria com a Fundação Israel Pinheiro – FIP, lançou em 2009, no âmbito do programa “Minas sem Lixões”, a publicação da cartilha intitulada “Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Construção Civil – PGIRCC”, documento que objetiva trazer uma contribuição aos municípios, sintetizando as ações necessárias para estabelecimento da gestão integrada de resíduos da construção civil, contemplando os aspectos ambientais e econômicos.

Na elaboração do plano, hoje denominado Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, municípios e Distrito Federal devem atender ao disposto no artigo 6º da Resolução Conama nº 307/2002, incisos I a VIII, destacando as ações educativas e a proibição de deposição de resíduos da construção civil em áreas não licenciadas.

Dentre as secretarias envolvidas com o RCC, destaca-se a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SMSU), localizada em São Paulo, cujas principais funções estão relacionadas aos serviços de limpeza pública e fiscalização. Em relação aos resíduos sólidos, este Departamento é responsável por conscientizar a população sobre o descarte correto, usos dos Ecopontos e Aterro Sanitário. A SMSU possui duas divisões específicas: cobrança e fiscalização (RIBEIRO, 2013).

Na legislação municipal de Uberlândia se encontra o Decreto nº 16.063, de 2015, que dispõe sobre a gestão sustentável eletrônica de resíduos da construção civil e volumosos no município de Uberlândia e dá outras providências, a Lei nº 11.959, de 2014, que aprova o plano de gestão integrada de resíduos sólidos - PGIRS do município de Uberlândia.

3.5 Resolução nº 307/2002 CONAMA

A Resolução Nº 307, de 05 de julho de 2002, do CONAMA, foi publicada com o intuito de estabelecer regras e classificações para o gerenciamento dos resíduos da construção civil. De acordo com o artigo 2º, os geradores de resíduos da construção são [...] “todas as pessoas jurídicas ou físicas, públicas ou privadas, que são responsáveis pelas atividades e empreendimentos que gerem resíduos da construção civil”, e devem seguir a Resolução, ou seja, cada construtor deve ter responsabilidade em dar o descarte correto para os resíduos que são gerados das obras (BRASIL, 2002).

A Resolução nº 307 foi alterada ao longo dos anos pelas seguintes Resoluções:

- Resolução nº 348/2004 – inclui o amianto na Classe D (resíduos perigosos);
- Resolução nº 431/2011 – altera a classificação do gesso, passando a ser considerado Classe B, e não mais Classe C;
- Resolução nº 448/2012 – estabelece as áreas de transbordo e triagem de RCC e resíduos volumosos (ATT), bem como o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, como instrumento necessário a gestão dos RCC nos municípios;
- Resolução nº 469/2015 – inclui na Classe B embalagens vazias de tintas imobiliárias - considerando que estas apresentem apenas filme seco de tinta dentro do recipiente, bem como a submissão de embalagens com tinta líquida ao sistema de logística reversa de acordo com a PNRS.

Essa Resolução traz, em seu Art. 3º, a classificação dos resíduos da construção civil:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Em seu art. 4º, a Resolução do CONAMA, traz que os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Conforme o texto dessa Resolução:

§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

§ 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

Os resíduos da construção civil, após triagem, deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (BRASIL,2002).

Outro ponto importante que é exigido na Resolução, é que os causadores da emissão de resíduos devem elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (BRASIL, 2002).

Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:

- I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
- II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º;
- III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;
- IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
- V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução. (BRASIL, 2002)

Por consequência, os municípios brasileiros devem possuir seus Planos de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil, conhecidos como PGRCC, e eles seguem as classificações do CONAMA, bem como da NBR 10004 e ainda aplicam os conceitos da Lei nº 12.305/2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e estabelece instrumentos necessários a redução de resíduos na fonte geradora, bem como sua reciclagem, reutilização e correta destinação final, a fim de promover o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

3.5.1 ABNT NBR 10004:2004

Dentre os instrumentos federais vigentes, destacam-se ainda as normativas técnicas instituídas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as quais estabelecem normas específicas aos projetos, implantação e gestão dos resíduos (ABNT, 2004).

A NBR 10004 foi elaborada considerando as dificuldades físico-químico-biológicas que os lixos acarretam no meio ambiente. Todo material que é descartado, dependendo da sua composição deve ter uma classificação diferenciada e um destino induzido.

De acordo com a Norma, os resíduos podem ser classificados em “a) resíduos classe I- Perigosos. B) resíduos classe II- não perigosos; - resíduos classe II A- não inertes; -resíduos classe II B- Inertes.” (ABNT,2004).

Nesse contexto, a maior parte dos resíduos da construção civil são considerados inertes, ou seja, podem ser reaproveitados e reciclados. Para a referida norma, os resíduos inertes são definidos como:

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT, 2004).

Resíduos da construção como: revestimentos cerâmicos, tijolos, itens feitos de concreto, restos de argamassa, madeira, vidro, plástico, papelão, entre outros são materiais renováveis. Para que os materiais renováveis não se misturem com materiais inertes como solventes e tintas, deve-se realizar a separação já na obra, uma vez que ao entrar em contato com outros materiais eles podem contaminá-los incluso o meio ambiente (REIS, 2021).

A ABNT traz outras normas que complementam a NBR 10004, entre elas:

- NBR 15.112/2004: Esta Norma fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.
- NBR 15.113/2004: Esta Norma fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes.

- NBR 15.114/2004: Esta Norma fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.
- NBR 15.115/2004: Esta Norma estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado agregado reciclado, em obras de pavimentação.
- NBR 15.116/2004: Esta Norma estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

A seguir, busca-se expor as principais características das certificações ambientais no âmbito da construção civil.

3.6 Órgãos Fomentadores e Certificadores

Vários países possuem seus sistemas próprios de certificação ambiental, sendo que os mais destacados são: o Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), do Reino Unido, com maior número de certificações no mundo; e o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), dos Estados Unidos, com maior penetração internacional (REIS, 2021).

Outras menções importantes: o NABERS (National Australian Buildings Environmental Rating System), na Austrália; o BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria), no Canadá; o HQE (Haute Qualité Environnementale), na França; e o CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), no Japão (REIS, 2021).

Os dois sistemas mais utilizados no Brasil são o LEED, realizado pelo Green Building Council, do Brasil, e o AQUA (Alta Qualidade Ambiental), que é baseada no HQE e realizado pela Fundação Vanzolini (RODRIGUES, 2020).

Além desses, existem também outros certificados que vêm ganhando espaço, como o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), que foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e tem como enfoque a eficiência energética das edificações e, ainda, o Selo Casa Azul, da Caixa

Econômica Federal, que tem como objetivo a classificação socioambiental dos projetos habitacionais financiados pela Caixa (RODRIGUES, 2020).

Segundo Rodrigues (2020), a maioria dos sistemas de avaliação ambiental é baseada em indicadores de desempenho, que atribuem uma pontuação técnica com base no grau de cumprimento de determinados requisitos. Os requisitos estão relacionados aos aspectos construtivos, climáticos e ambientais, levando em consideração não apenas o edifício em si, mas também seu entorno e a relação com a cidade e o meio ambiente global.

Segundo Leite (2011), os indicadores retratam os principais problemas ambientais locais e podem ou não ter pesos explícitos. Os aspectos conceituais dos diferentes métodos de avaliação ambiental de edifícios têm alguns pontos em comum:

- Impactos no meio urbano: representados por itens sobre incômodos gerados pela execução, acessibilidade, inserção urbana, erosão do solo, poeira e outros;
- Materiais e Resíduos: relativas ao uso de madeira e agregados de origem legal; geração e destinação correta de resíduos; uso de materiais de baixo impacto; gestão de resíduos no canteiro de obras e reaproveitamento de materiais;
- Uso racional da água: o objetivo principal é a economia de água potável, obtida com o uso de equipamentos economizadores de água; acessibilidade do sistema hidráulico; captação de água da chuva; tratamento de esgoto; etc.;
- Energia e emissões atmosféricas: analisando o sistema de ar condicionado; iluminação e outros;
- Conforto e salubridade do ambiente interno: considerando a qualidade do ar e o conforto ambiental.

As diversas instituições atribuem, a um determinado aspecto, maior ou menor importância, refletindo diretamente na pontuação atribuída. Cada um dos sistemas gera uma série de referências, que irão estabelecer os parâmetros e critérios de conferência do processo de certificação. Estes certificados garantem ao cliente e dão credibilidade ao empreendimento, uma vez que sua avaliação afirma a adequação da construção as questões relativas ao meio ambiente, recursos naturais, usuários e sociedade (LEITE, 2011).

Como esses processos de conferência são fruto de uma preocupação com o meio ambiente, pode-se dizer que o principal objetivo de uma certificação é conscientizar todos os envolvidos no processo construtivo sobre a importância da redução do impacto ambiental gerado pelo empreendimento. Busca-se o envolvimento de investidores, projetistas, construtores e usuários, com ações concretas que possibilitem reduzir o uso de recursos naturais, aumentar o conforto e a qualidade de vida dos usuários. Há impacto no custo inicial, mas também na redução dos custos operacionais, que é uma forma de valorizar o imóvel e agregar valor de venda ao mesmo tempo (RODRIGUES, 2020).

O selo de certificação ambiental pode ser considerado um objetivo das empresas do setor, pois implica o cumprimento das normas e instruções propostas para a produção da construção sustentável. A adoção de uma estratégia ambiental pode trazer vantagens competitivas de mercado para as empresas (LEITE, 2011).

3.7 Certificações

A certificação é um instrumento de comunicação (marketing) que informa ao consumidor que determinado produto ou serviço atende aos requisitos mínimos de uma especificação. A certificação ambiental na área da construção civil passou a ser utilizada a partir da preocupação com o desenvolvimento sustentável. Assim, o setor criou um novo modelo de nicho imobiliário, os chamados “Edifícios Verdes”, que são avaliados por diferentes tipos de certificações com diferentes métodos e avaliações, em diferentes países do mundo (DUARTE, 2016).

Muito além do marketing ambiental, uma empresa certificada comunica sua importância à sociedade e ao meio ambiente ao mercado. Além de apresentar conceitos e processos diferenciados do convencional, uma edificação certificada é projetada desde sua concepção, para atender os usuários em todo o seu ciclo de vida (AFONSO, 2019).

Segundo o SEBRAE (2015), os benefícios e vantagens das certificações para usuários, empreendedores e sociedade como um todo são diversos. Dentre essas se encontra a maior qualidade do produto ou do serviço oferecido, minimização do impacto ambiental da atividade produtiva; melhoria da condição de conformidade com

a legislação do setor; redução e/ou eliminação de riscos de acidentes ambientais, evitando, com isso, custos de remediação; redução da exposição dos empregados e da comunidade aos impactos ambientais; maior eficiência no consumo de energia, matérias-primas, recursos naturais (redução dos custos em geral) e com melhor desempenho ambiental; melhora a imagem da empresa junto à opinião pública, em especial aos consumidores (estratégia de marketing: imagem “verde”); facilidade ao acesso a algumas linhas de crédito; redução do risco de penalizações (multas) do Poder Público, por seguir a legislação ambiental; melhoria da organização interna e aumento da motivação e envolvimento dos colaboradores.

A maioria dos benefícios obtidos com a certificação ambiental pode ser realizada a longo prazo. A redução do consumo de água e energia afeta o custo do usuário, que se torna o beneficiário a longo prazo. No curto prazo, há um aumento no custo inicial do empreendimento (LEITE, 2011).

Segundo Leite (2011), o mercado tem exigido cada vez mais que os projetos sejam sustentáveis, inclusive condicionalmente, quando se trata de financiamentos públicos e privados e exigências contratuais. Os benefícios das empresas certificadas ambientalmente são: projetos diferenciados e mais valorizados; mais potencial para alcançar novos mercados; redução dos custos de produção; maior visibilidade à medida que aumenta a consciência ambiental; aumento da credibilidade; redução de custos por acidentes ambientais; redução do uso de recursos naturais e redução do custo da mão de obra qualificada. Outras vantagens que favorecem o cliente (sociedade) e o meio ambiente envolvem: a conservação dos recursos naturais; a redução da poluição; incentivando a reciclagem e o uso de produtos e processos mais limpos (BARBOSA, 2018).

As técnicas de avaliação de uma certificação podem levar em conta a análise estatística, baseada em créditos que geram índices e com base no desempenho. Cada um tem implicações diferentes, dada a metodologia diferente (LEITE, 2011).

A técnica de análise estatística baseia-se em uma grande quantidade de dados de construção, de uma determinada população, que constitui uma determinada amostra. São então criados valores estatísticos, que servem de referência para definir um novo marco para a redução do consumo de energia. Exemplos dessa metodologia

são o Cal-Arch (ferramenta de referência de energia para edifícios da Califórnia) e o Energy Star (Departamento de Energia dos EUA) (ROSBACK, 2018).

De acordo Rosback (2018), quando a metodologia é baseada em pontos, ou seja, créditos que geram índices, ocorre uma ponderação por categorias. A classificação ocorre em níveis ambientalmente saudáveis, com o sistema fornecendo padrões de projeto e diretrizes para medir a eficiência e a harmonia com o meio ambiente. Exemplos desta técnica de avaliação são LEED e BREEAM.

A técnica de avaliação também pode ser baseada no desempenho, visando mais a gestão e os processos empregados. É dividido em categorias, que devem apresentar, por parte do empreendimento a ser auditado, desempenho igual ou superior ao padrão. Como resultado, o empreendimento é classificado ou não como ambientalmente correto, sem níveis intermediários. Como exemplo, temos HQE e NABERS (ROSBACK, 2018).

Os sistemas de avaliação e certificação ambiental de edifícios têm potencial para promover a implementação de novas ações sustentáveis, melhorando cada vez mais a eficácia dos sistemas. Dentre as recomendações que visam facilitar a adoção dos Selos de Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável, estão buscar a maior integração do projeto e construção, iniciar o processo de certificação desde a concepção do projeto com o comprometimento dos envolvidos, integrar a certificação e a adoção de materiais e tecnologias desde o projeto até a execução do edifício, desenvolver procedimentos internos para simplificar a apresentação e gestão da documentação da certificação, iniciar o processo de documentação o mais cedo possível, certificando-se que empreiteiros e fornecedores compreendam a documentação necessária (MOTTA; AGUILAR, 2009).

3.7.1 AQUA-HQE

O processo AQUA foi criado em 2008 como um selo de certificação de construções verdes e sustentáveis internacional desenvolvido com base no HQE, da França, porém adaptado à realidade e condições do país. O AQUA é o primeiro método brasileiro de certificação ambiental de edifícios a ser lançado para o setor da construção civil. Desde sua criação o seu objetivo é promover um olhar sustentável

sobre as construções, considerando a cultura, o clima, as normas técnicas e a regulamentação vigentes no Brasil, buscando evolução no desempenho dos sistemas (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

Em 2013 as certificadoras francesas QUALITEL para edificações residenciais, e a CERQUAL para não residenciais se uniram para a criação de uma rede de certificação internacional munida de critérios e indicadores baseados em um contexto global, e surgiu o Cerway como órgão certificador internacional da HQE (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

Posteriormente, a Fundação Vanzolini assinou um acordo de cooperação com a Cerway e tornou-se a representante nacional da rede de certificação e unificou as duas certificações, dando origem ao AQUA-HQE. Até 2013, o modelo foi aprimorado e, com sua unificação, alinhado a critérios globais, garantindo altos níveis de sustentabilidade em conformidade com a cultura e a legislação brasileira (MINGRONE, 2016).

No Brasil, a aplicação é feita exclusivamente pela Fundação Vanzolini, que foi criada há 40 anos, por professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Ela, tem por objetivo o desenvolvimento e a disseminação de conhecimentos científicos e tecnológicos das áreas de engenharia de produção, administração e gestão de produção (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

Os benefícios da certificação pelo Processo AQUA incluem melhorias que atingem o empreendedor, comprador e a questão socioambiental. Para o Empreendedor, o Processo AQUA tem como benefícios provar a alta qualidade ambiental das suas construções, diferenciar seu portfólio no mercado, manter o valor do seu patrimônio ao longo do tempo entre outros benefícios perante órgãos ambientais pela associação da imagem da empresa à AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

Para o comprador, os benefícios incluem a economia direta de água e energia, melhores condições de conforto, saúde e estética, além do maior valor patrimonial ao longo do tempo. Esses benefícios também refletem para o ambiente e a sociedade em geral, uma vez que há uma redução da produção de resíduos o que por

consequência promove a redução de poluição e gases do efeito estufa (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

O processo está estruturado em dois instrumentos, que permitem avaliar o desempenho requerido, o Sistema de Gestão Empresarial (SGE) e a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). O SGE permite definir a qualidade ambiental inicialmente estipulada para a edificação, e organiza o projeto para garantir o desempenho necessário, controlando os processos operacionais, desde o início do programa, concepção, até a conclusão do projeto. O sistema está dividido em algumas etapas, que estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Etapas do SGE

Etapas	Descrição
Comprometimento	Do empreendedor e dos envolvidos no processo com o perfil QAE desejado
Implantação e funcionamento	Estrutura, competência, contratos, comunicação, planejamento, documentação para todas as etapas da obra
Gestão de empreendimento	Acompanhamento e análise, avaliação da QAE, correções e ações corretivas
Aprendizagem	Balanço do empreendimento

Fonte: Fundação Vanzolini, 2015.

Elaboração: Autora, 2022.

De acordo com Valente (2009), é o empreendedor quem define a organização, competências, método, meios e documentação necessária para se atingir os objetivos e exigências propostas. Assim, tem-se na mão do empreendedor o papel principal do SGE, atuando na implementação, acompanhamento e melhoria do sistema. Mas estas escolhas devem acontecer sempre de forma justificada e coerente, sendo exigida a formalização das análises, decisões e modificações.

Segundo a Fundação Vanzolini (2015), toda solução adotada no SGE deve levar em consideração os aspectos mais significativos para o empreendimento em questão, sendo os fatores que devem ser considerados: exigências legais e regulamentadoras; funcionalidade; necessidades e expectativas das partes interessadas; o entorno; custos; e política do empreendedor, representados também na Figura 1.

Figura 1 - Aspectos relevantes sobre o Sistema de Gestão AQUA



Fonte: Fundação Vanzolini, 2015.

O processo de certificação AQUA-HQE certifica quanto a SGE (Sistema de Gestão do Empreendimento) para a empresa construtora e QAE (Qualidade Ambiental do Edifício) para a edificação. A integração necessária para o cumprimento do SGE demanda tempo e exige do empreendedor qualidades, como: organização, rigor, e capacidade de reação. Sendo bem executado o SGE, tem-se um empreendimento bem gerenciado, com maiores chances de se alcançar as metas definidas (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

Segundo Valente (2009), o QAE baseia-se num perfil para avaliar o desempenho arquitetônico e técnico do edifício. Está estruturado em quatorze subcategorias, que nada mais são do que um conjunto de preocupações, que podem ser agrupadas em quatro categorias: ecoconstrução (meio ambiente), ecogestão (energia e economias), saúde e conforto.

Esses quatro temas estão relacionados ao desempenho de quatorze categorias definidas no referencial técnico do selo (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015):

1) Relação do edifício com seu entorno

Na relação do edifício com o seu entorno, é requerida a urbanização do lote de modo a se adaptar à gestão sustentável do local, e com o ambiente externo. A

qualidade oferecida para os usuários e vizinhança, com limitação dos impactos ambientais, também estão inclusos neste item. É necessário um estudo de gestão dos riscos naturais, tecnológicos, sanitários e restrições ligadas ao solo.

2) Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos

Essa categoria procura trazer uma maior durabilidade e adaptabilidade para a obra, facilitando também a etapa de manutenção. A escolha dos produtos ajuda a reduzir os impactos ambientais e sanitários.

Nesta categoria podem ser destacadas: a exigência 2.3.1. “Conhecer os impactos ambientais dos produtos de construção” e a exigência 2.3.2. “Escolher os produtos de construção de modo a limitar sua contribuição aos impactos ambientais do empreendimento”.

3) Canteiro de obra com baixo impacto ambiental

A etapa do canteiro de obras deve ser planejada de maneira que ela determine baixo impacto ambiental. É de grande importância a etapa de separação de resíduos durante a obra, diminuindo a agressão ao meio ambiente resultante de atividades de descarte de resíduos de construção, por meio do reaproveitamento dos resíduos de construção para outros fins.

4) Gestão de energia

Na categoria de ecogestão, a gestão de energia está relacionada com a redução do consumo da mesma através do uso de energia renovável, estando incluso neste item a redução da emissão de poluentes na atmosfera e uma nova concepção arquitetônica.

Nesta categoria podem ser destacadas: a exigência 4.1.1. “Melhorar a aptidão do edifício para reduzir suas necessidades energéticas” e a exigência 4.2.1. “Reduzir o consumo de energia primária devido ao aquecimento, ao resfriamento, à iluminação, ao aquecimento da água, à ventilação e aos equipamentos auxiliares ligados ao conforto dos usuários”.

5) Gestão da água

No tocante à gestão da água, busca-se a redução do consumo da água potável, aproveitando-se as águas pluviais para: lavagem de carros, rega de jardins, utilização

em sanitários e pias para higienização das mãos, e também utilizando tecnologias que diminuam o consumo, como bacia sanitária com caixa acoplada e torneiras com temporizador.

6) Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício

No tocante à gestão dos resíduos de uso e operação do edifício, busca-se a qualidade do sistema de gestão, criando conscientização dos usuários e ressaltando a importância da reciclagem, contribuindo para a melhoria do meio ambiente.

7) Manutenção – permanência do desempenho ambiental

Já, no tocante à manutenção, busca-se o desempenho dos sistemas de aquecimento, climatização, ventilação, iluminação e gestão da água, evitando, assim, que problemas inesperados surjam.

8) Conforto higrotérmico

Na categoria de conforto, o conforto higrotérmico está relacionado com a disposição arquitetônica, de maneira que o conforto no inverno e no verão sejam mantidos com ou sem climatização.

9) Conforto acústico

No tocante a conforto acústico, busca-se proteger os usuários de incômodos acústicos, criando uma qualidade interior adaptada a diferentes locais.

10) Conforto visual

A categoria de conforto visual relaciona-se com a busca da otimização da luz natural, com acesso a vistas externas, através de disposição arquitetônica. Caso não haja condições para esse aproveitamento, pode-se utilizar iluminação artificial confortável, adaptada para cada ambiente.

11) Conforto olfativo

Na categoria de conforto, o conforto olfativo visa garantir uma ventilação eficaz dos ambientes, aproveitando a ventilação cruzada, e com isso gerenciando fontes de odores desagradáveis e perigosas a saúde dos ocupantes.

12) Qualidade sanitária dos ambientes

Na categoria de saúde, a qualidade sanitária dos ambientes está relacionada com as condições específicas de cada ambiente, e também com exposição eletromagnética dos locais.

13) Qualidade sanitária do ar

No tocante a qualidade sanitária do ar, busca-se uma ventilação eficaz, evitando fontes de poluição internas e externas, como: tintas; solventes; materiais de limpeza; e produtos tóxicos.

Nesta categoria podem ser destacadas: a subcategoria 2.4 “Escolha de produtos visando a limitar os impactos da edificação na saúde humana”; a exigência 13.1.1 “Assegurar vazões de ar adequadas às atividades dos ambientes”; e a exigência 13.2.2 “Controlar a exposição dos ocupantes aos poluentes do ar interno”.

14) Qualidade sanitária da água

Finalizando, no tocante a qualidade sanitária da água, busca-se uma qualidade e durabilidade dos materiais, bem como sua organização, e proteção da rede de água, através do gerenciamento da temperatura da rede interna e o tratamento anticorrosivo dos materiais.

Para cada categoria de avaliação é caracterizado um nível de desempenho, sendo o sistema composto de quatro níveis através de métodos de comprovação (projetos, notas de cálculo, etc) que agregarão estrelas ao projeto. Os níveis são MP - Melhores Práticas (Excelente); BP - Boas Práticas (Superior); B – Nível Básico (práticas correntes, com atendimento à legislação); NC - Não Conforme, quando nível B não é atingido.

Para que a certificação seja concedida, é exigido um número mínimo da pontuação Excelente, e um número máximo de pontuação Bom (Fundação Vanzolini, 2015).

Sendo o empreendimento certificado, há cinco classificações possíveis, dependendo do escore de estrelas, obtidas em cada um dos 4 temas (20 estrelas, no máximo):

- 4 estrelas e atendimento a todos os tópicos do nível BASE: HQE PASS;

- Entre 5 e 8 estrelas e atendimento a todos os tópicos do nível BASE: HQE GOOD;
- Entre 9 e 12 estrelas e atendimento a todos os tópicos do nível BASE: HQE VERY GOOD;
- Entre 13 e 15 estrelas e atendimento a todos os tópicos do nível BASE: HQE EXCELLENT;
- 16 estrelas ou mais (com, pelo menos, 4 estrelas no tema Energia), e atendimento a todos os tópicos do nível BASE: HQE EXCEPTIONAL.

O Certificado se divide em 4 temas: Energia; Meio Ambiente; Saúde; e Conforto. Cada tema é avaliado em uma escala de 1 a 5 estrelas,

Cálculo em função da % de pontos obtidos em relação à % total de pontos aplicáveis na Categoria:

- < 20% de pontos obtidos entre os pontos aplicáveis = 1 estrela;
- Entre $\geq 20\%$ e < 40% de pontos obtidos entre os pontos aplicáveis = 2 estrelas;
- Entre $\geq 40\%$ e < 60% de pontos obtidos entre os pontos aplicáveis = 3 estrelas;
- Entre $\geq 60\%$ e < 80% de pontos obtidos entre os pontos aplicáveis = 4 estrelas;
- Mais de $\geq 80\%$ de pontos obtidos entre os pontos aplicáveis = 5 estrelas.

O processo de certificação é realizado a partir de auditorias presenciais, seguidas de análise técnica, que verificam o atendimento aos critérios do referencial técnico. Atendidos os critérios de cada fase, programa, concepção e realização, os certificados são emitidos em até 30 dias (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

De acordo com a Fundação Vanzolini (2015), na fase de pré-projeto, o empreendedor deve definir o programa de necessidades e o perfil de desempenho, nas 14 categorias do QAE. Deve, ainda, assumir o compromisso e assegurar os recursos para obter o perfil programado, inclusive estabelecendo o SGE para assegurar o controle total do projeto, até a conclusão da obra. A auditoria, realizada mediante solicitação do empreendedor, resulta em um dossiê completo, contendo o programa e a avaliação da QAE, que é enviado a Fundação Vanzolini.

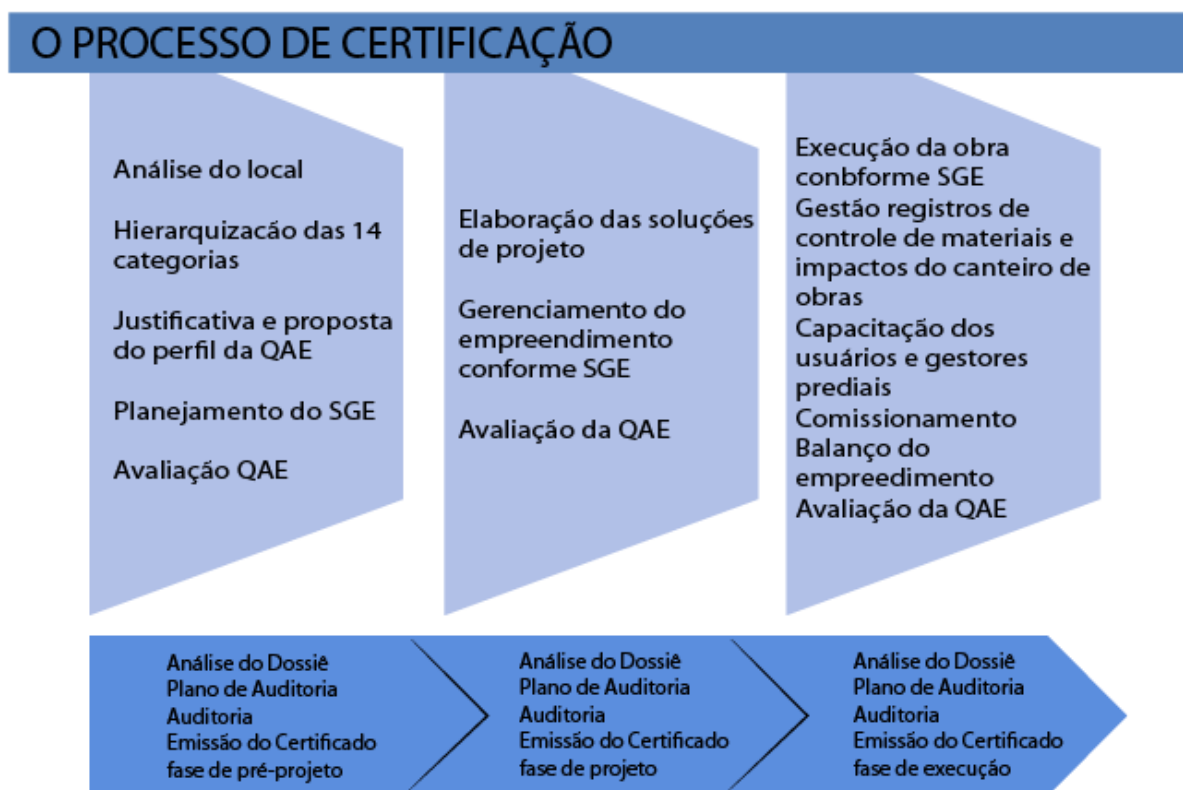
Na fase de concepção (projetos), o empreendedor utiliza o perfil de desempenho estipulado para 14 categorias, e os demais elementos do programa,

como entrada para os projetos. Em sintonia com o SGE, são produzidos os projetos, avaliando o perfil desejado de QAE, e corrigindo os desvios percebidos. A auditoria também acontece mediante solicitação do empreendedor, ocorrendo o envio da avaliação da QAE, ao final dos projetos, à Fundação Vanzolini.

Na fase de Realização (obra), o empreendedor, observando o SGE, realiza a obra, avalia o perfil QAE e corrige eventuais desvios. É agendada uma auditoria e enviada, na entrada da obra, a avaliação da QAE à Fundação Vanzolini.

É papel do auditor verificar os critérios de desempenho exigidos no referencial técnico adotado, em cada uma das fases a implementação do SGE, comparando-os com aqueles requeridos pela avaliação da QAE. Ao final de cada etapa concluída com sucesso, um certificado é emitido. Abaixo, na Figura 2, é ilustrado o processo de certificação, em etapas:

Figura 2 - Processo de certificação



Fonte: Fundação Vanzolini, 2015.

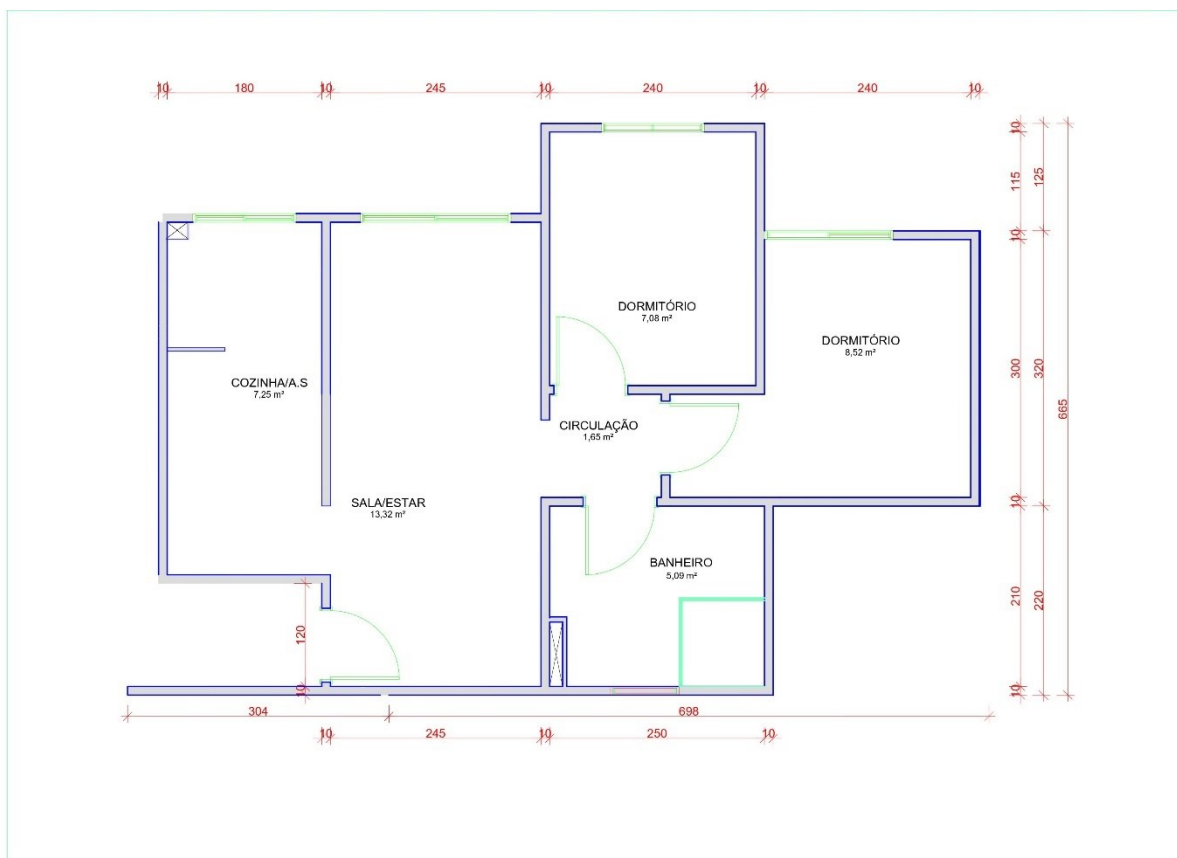
4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da obra

A obra em questão trata-se de uma habitação multifamiliar, localizada na cidade de Uberlândia/MG, composta por 368 apartamentos, distribuídos em 14 blocos, sendo 5 simples (com 16 apartamentos) e 9 duplos (com 32 apartamentos).

A edificação foi construída com prédios de 4 pavimentos, incluindo o térreo em uma área total de terreno igual a 18.222,1 m². A Figura 3 apresenta o modelo de planta baixa dos apartamentos¹.

Figura 3: Planta baixa dos apartamentos da obra observada (unidades em cm)

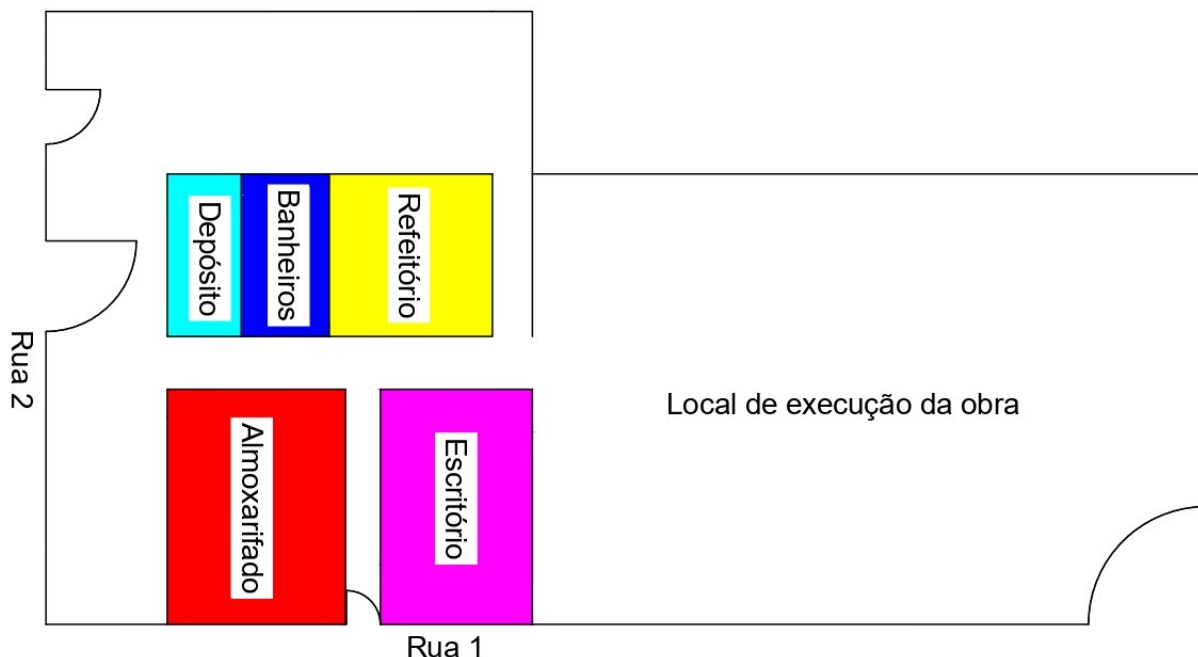


Elaboração: Autora, 2022.

¹ O nome da empresa foi mantido em sigilo, conforme acordo estabelecido. A pesquisa foi realizada com observação in loco com devida autorização da empresa.

O canteiro de obras era composto por uma área coberta destinada ao escritório, um depósito utilizado para guardar ferramentas e materiais de empreiteiros, um depósito para acomodar os sacos de cimento, almoxarifado, refeitório, banheiros, e o local aberto onde ficavam as baias de disposição dos agregados e resíduos, além do local de execução das habitações, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Croqui do canteiro e obras



Elaboração: Autora, 2022.

A partir de dados contidos no Plano de Gerenciamento do Resíduos de Construção Civil (PGRCC) da obra, pôde-se estimar, simplificadamente, quais os resíduos gerados na obra em cada etapa da execução, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Geração de resíduos por etapa da obra observada

FASES DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS GERADOS
Preparo do terreno	Solo
Canteiro de obra	Madeira
	Blocos de concreto
Estrutura	Concreto
	Armação
	Embalagens de desmoldantes
Vedação	Concreto
	Argamassa

FASES DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS GERADOS
	Gesso
Instalação elétrica	Fios de cobre
	Conduites
Reboco	Argamassa
Revestimento	Cerâmica
	Piso laminado
Pintura	Gesso
	Selador
	Textura
	Tintas
Forro de gesso	Gesso acartonado
Cobertura	Telha metálica

Fonte: PGRCC da obra, 2021.

Elaboração: Autora, 2022.

Conforme as informações contidas no PGRCC da obra, não havia uma estimativa efetiva de quantificação de resíduos gerados por etapa da obra. Desse modo, ponderou-se a quantidade de resíduos gerados em concordância com estudos elaborados pelo Sinduscon-SP (2015), que estipulam indicadores em volume de resíduos, baseados na área construída. Assim, comparando os indicadores de geração de resíduos determinados em literatura e a área de construção da obra estudada foi possível estipular a quantidade de resíduos gerados durante a execução das habitações, no caso estudado (Tabela 1).

Tabela 1 – Estimativa de resíduos a partir de indicadores de geração

Tipos de resíduos	Indicadores de geração de resíduos m³/m²	Área construída em m²	Estimativa de resíduos gerados m³
Solo	0,378	18.222,10	6.887,95
Resíduos cimentícios e cerâmicos	0,04	18.222,10	728,88
Madeira	0,013	18.222,10	236,89
Gesso	0,007	18.222,10	127,55
Aço	0,010	18.222,10	182,22
Plástico e Papel	0,004	18.222,10	72,89

Fonte: SindusCon-SP, 2015.

Elaboração: Autora, 2022.

Ao aplicar os parâmetros indicados pelo SINDUSCON (2015), verificou-se que a quantidade total estimada de resíduos gerados na obra é de 8.236,38 m³.

A empresa responsável pela execução da obra trabalhava na época com a realização de mais 5 empreendimentos na cidade. Dessa forma, o solo gerado na etapa de preparo de terreno era transferido às outras obras para possível aplicação em aterros. Portanto, os resíduos de solo que poderiam ser originados nesta etapa já estavam em um processo de reutilização. Sendo assim, a estimativa de resíduos retirados da obra que não seriam reutilizados foi de 1348,43 m³.

Na obra analisada, o consumo aproximado em de água foi de 9808 m³. Além disso, cerca de R\$51.985,75 foram destinados a esse fim. Como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo de água no canteiro de obras analisado

Mês	Gastos com água	Consumo médio em m³
set/20	R\$ 2.237,67	422,2018868
out/20	R\$ 1.275,32	240,6264151
nov/20	R\$ 1.026,00	193,5849057
dez/20	R\$ 1.577,41	297,6245283
jan/21	R\$ 2.709,29	511,1867925
fev/21	R\$ 1.838,45	346,8773585
mar/21	R\$ 1.551,71	292,7754717
abr/21	R\$ 1.519,85	286,7641509
mai/21	R\$ 1.562,33	294,7792453
jun/21	R\$ 1.880,93	354,8924528
jul/21	R\$ 2.263,25	427,0283019
ago/21	R\$ 8.840,27	1667,975472
set/21	R\$ 7.233,69	1364,84717
out/21	R\$ 2.592,65	489,1792453
nov/21	R\$ 3.943,19	743,9981132
dez/21	R\$ 5.320,77	1003,918868
jan/22	R\$ 4.612,97	870,3716981
Total	R\$ 51.985,75	9808,632075

Fonte: Dados do *software*, 2022.

Elaboração: Autora, 2022.

4.2 Análise do armazenamento de materiais e gerenciamento de resíduos durante execução de uma obra de médio porte

De acordo com o disposto no Art. 9º da Lei nº12.305/2010, o controle ambiental de resíduos parte do princípio de não geração, redução, reutilização, reciclagem,

tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Assim, a partir de dados coletados com a empresa executora do empreendimento e acompanhamento da rotina de trabalho no canteiro, foram verificados pontos passíveis de mudanças quanto a gestão de resíduos.

Primeiramente, a partir dos dados fornecidos pelo *software* computacional utilizado na empresa, chamado Siecon, foi possível ponderar a quantidade de resíduos gerados durante toda a execução da obra – entre setembro de 2020 e janeiro de 2022 - e o custo gerado para destinação destes. Tal estimativa baseou-se na quantidade de caçambas locadas em todo o período de execução. Como não houve separação de resíduos – exceto de solos, que eram reaproveitados em outros empreendimentos – a quantidade em metros quadrados de materiais retirados em caçambas é relacionada à quantidade total de resíduos gerados. Conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade estimada de resíduos e custo para destinação, na obra observada.

GASTOS COM CAÇAMBAS PARA RETIRAR OS RESÍDUOS				
Tipo de caçamba	Quantidade utilizada (unidades)	Valor unitário (R\$)	Valor gasto (R\$)	Quantidade de resíduos retirados (m ³)
Caçamba para entulho (5m ³)	380	160,00	60.800,00	1.900
Caçamba para gesso (5m ³)	35	550,00	19.250,00	175
Caçamba mista (5m ³)	332	330,00	109.560,00	1.660
Total			189.610,00	3.735

Elaboração: Autora, 2022.

Analisando os dados expostos, percebe-se que cerca de 3.735 m³ de resíduos foram gerados, sendo que desses 1660 m³ são de resíduos não separados e classificados – de acordo com o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) emitido para tais caçambas na empresa – como classe II A e II B, que são resíduos não inertes e inertes, respectivamente. Assim, inviabiliza-se a reutilização ou reciclagem desses materiais que estão misturados.

A quantidade total de resíduos gerados pela obra (considerando a quantidade de caçambas locadas para destinação destes) é de aproximadamente 277 % maior que

a estimada na Tabela 2 (exceto os resíduos de solo), onde considerou-se os indicadores de geração contidos no Sinduscon-SP (2015). Porém, devido ao fato de a empresa não ter um controle efetivo de geração de resíduos por etapa ou por tipo, não foi possível determinar a parcela que cada tipo de resíduo ocupa no montante total gerado.

Além disso, cerca de R\$189.610,00 foram designados à locação de caçambas. A estimativa de custo global do empreendimento, de acordo com os dados extraídos do Siecon, foi de R\$16.941.221,62. Portanto, o custo com resíduos foi de aproximadamente 1,12% do custo total do empreendimento.

Durante a execução do presente trabalho, foi analisado o gerenciamento da obra no que diz respeito à limpeza e organização do canteiro, segregação de resíduos e acondicionamento de materiais.

Alguns pontos principais que foram verificados foi a acomodação incorreta de alguns materiais que seriam utilizados, a desorganização no canteiro quanto à disposição de resíduos e falta de separação destes. Percebeu-se, também, que o nível de organização e limpeza do local variava de acordo com a frente de serviços executada em cada bloco e a equipe designada àquela função.

O checklist elaborado mostra o resultado da verificação qualitativa do gerenciamento de resíduos no canteiro de obra observado (Quadro 3).

Segundo as descrições contidas no Manual de Resíduos disponibilizado pelo SindusCon-SP (2015), a organização e disposição adequada dos materiais evita sistemáticos desperdícios na utilização e, em consequência, mitiga a necessidade de aquisição de novos materiais para substituição, bem como reduz a geração de resíduos.

Quadro 3 - Lista de verificação: inspeção de limpeza e segregação de resíduos no canteiro de obra

SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS												
LISTA DE VERIFICAÇÃO - INSPEÇÃO DE LIMPEZA E SEGREGAÇÃO												
Péssimo: 1,0 a 2,9			Fraco: 3,0 a 4,9			Regular: 5,0 a 6,9			Bom: 7,0 a 8,9		Ótimo: 9,0 a 10	
Inspeccionado por: Thais Cristina dos Reis Rodrigues												
Local / Itens avaliados	Não avaliado / Sem acesso	Varição insuficiente	Resíduos de alvenaria e concreto	Resíduos de madeira	Material acondicionado corretamente	Lonas / Telas espalhadas no local	Resíduos de gesso	Resíduos orgânicos	Embalagens espalhadas	Maços de cigarro e garrafa pet	Resíduos não segregados / Empilhados	Resíduos metálicos
Área comum	-	-	8,90	6,50	5,00	5,50	5,50	8,90	7,50	8,90	3,00	6,90
Bloco 1	-	-	7,00	6,90	7,00	7,00	8,90	9,00	5,50	9,00	5,00	8,50
Bloco 2 (duplo)	-	-	7,50	7,50	8,90	8,90	9,00	9,00	7,00	8,90	7,50	7,50
Bloco 3 (duplo)	-	-	7,00	5,50	9,00	8,90	5,50	8,90	6,90	8,90	7,00	8,90
Bloco 4 (duplo)	-	-	9,00	7,50	7,00	8,90	9,00	8,90	7,00	9,00	6,50	7,50
Bloco 5	-	-	8,90	7,50	8,90	8,90	10,00	10,00	7,50	10,00	7,00	6,50
Bloco 6 (duplo)	-	-	7,50	7,00	8,90	8,90	6,50	8,00	8,00	9,50	6,50	8,90
Bloco 7 (duplo)	-	-	8,00	8,50	7,00	8,90	8,90	10,00	6,50	10,00	7,50	7,00
Bloco 8	-	-	7,50	7,50	8,90	8,90	9,00	9,00	7,00	8,90	7,50	7,50
Bloco 9 (duplo)	-	-	7,50	7,00	8,90	8,90	6,50	8,90	8,50	9,50	6,50	8,90
Bloco 10 (duplo)	-	-	9,00	7,50	7,00	8,90	9,00	8,90	7,00	9,00	6,50	7,50
Bloco 11	-	-	8,00	8,50	7,00	8,90	8,90	10,00	6,50	10,00	7,50	7,00
Bloco 12 (duplo)	-	-	7,00	5,50	9,00	8,90	5,50	8,90	6,90	8,90	7,00	8,90
Bloco 13 (duplo)	-	-	8,90	7,50	8,90	8,90	9,50	9,50	7,50	10,00	7,00	6,50
Bloco 14	-	-	7,00	6,90	7,00	7,00	8,90	9,00	5,50	9,00	5,00	8,50
Média			8,48	7,66	8,46	9,02	8,61	9,78	7,49	9,96	6,93	8,32

Fonte: Dados de campo, 2021.

Elaboração: Autora, 2022.

De acordo com os dados contidos no Quadro 3, verificou-se que a inspeção de limpeza e segregação dos resíduos de alvenaria e concreto estão classificados entre bom e ótimo (Blocos 4 e 10 ótimos e os demais bons). Quanto aos resíduos de madeira, foram classificados entre regular e bom (Área comum e Blocos 1, 3, 12 e 14 regulares e os demais bons). Em relação ao acondicionamento de materiais, a Área comum foi classificada como regular, os Blocos 3 e 12 como ótimos, e os demais como bons.

Sobre as lonas e telas dispostas nos locais, a Área comum foi classificada como regular e todos os Blocos como bons. Já a classificação dos resíduos de gesso foi bastante variável entre os locais analisados, sendo a Área comum e Blocos 3, 6, 9 e

12 classificados como regular; Blocos 1, 7, 11 e 14 classificados como bons; e Blocos 2, 4, 5, 8, 10 e 13 classificados como ótimos.

Os resíduos orgânicos foram classificados entre bom e ótimo, sendo a Área comum, Blocos 3, 4, 6, 9, 10 e 12 classificados como bons e os demais como ótimos. A disposição de embalagens espalhadas foi classificada entre regular e bom (Área comum, Blocos 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 e 13 classificados como bons e demais Blocos como regulares). Sobre as embalagens de maços de cigarros e garrafas pet, estas foram classificadas entre bom e ótimo (com o maior valor médio entre os itens analisados), sendo a Área comum e Blocos 2, 3, 8 e 12 classificados como bons e os demais como ótimos.

A análise de resíduos não segregados foi a que apresentou menor valor médio entre os itens inspecionados, sendo classificados entre fraco e bom (Área comum foi tida como fraca, Blocos 1, 4, 6, 9, 10 e 14 regulares, e os demais bons). Em relação aos resíduos metálicos, estes foram classificados entre regular e bom (Área comum e Blocos 5 e 13 identificados como regulares e o restante bons).

O armazenamento adequado de materiais é uma forma importante para minimizar as perdas nos canteiros de obra e evitar o aumento do descarte de materiais. Basicamente, a forma como é realizado o armazenamento de materiais no canteiro relaciona-se com o tipo de perdas denominado, por Formoso et al (1998), perdas no estoque.

O acondicionamento correto dos insumos deve seguir alguns critérios, tais como: classificação; frequência de utilização; empilhamento máximo; distanciamento entre as fileiras; alinhamento das pilhas; distanciamento do solo; separação, isolamento ou envolvimento por ripas, papelão, isopor etc; preservação da limpeza e desumidificação do local; aproximação entre estoque e locais de consumo.

De acordo com o Manual de Resíduos do SindusCon-SP (2015), os estoques de agregados a granel devem ser colocados em baias dimensionadas de acordo com a necessidade de consumo, de forma a prevenir dispersão e perda de material. As armaduras de aço devem ser separadas em feixes de acordo com o tipo e bitola. Os blocos de concreto e cerâmica devem ser dispostos em pilhas com altura máxima de 1,50 m e amarrados para facilitar o alinhamento; as pilhas devem ser apoiadas sobre

paletes e distribuídas de acordo com a necessidade de uso. Materiais ensacados, como cimento e gesso, devem ser posicionados sobre paletes, em local seco, coberto e fechado, respeitando o empilhamento máximo de 10 sacos. Peças metálicas e componentes utilizados na montagem das fôrmas, escoramentos e cimbramentos devem ser estocados ordenadamente, próximos aos locais de utilização e dispostos distanciados do solo.

Durante a conferência na obra, verificou-se que os sacos de cimento, embora estivessem sobrepostos em paletes, estavam empilhados em quantidade superior a 10 sacos, como apresentado na Fotografia 1.

Fotografia 1 - Armazenamento de sacos de cimento no canteiro de obra estudado, 2021



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

Diante do exposto, é preciso ressaltar que o armazenamento de cimento sem as condições e cuidados necessários, implica em perdas de material por motivos como o empedramento por ação da umidade ou o rasgamento do saco – que causa espalhamento do produto e desorganização do ambiente de armazenagem.

Em relação aos sacos de gesso, estes estavam depositados no canteiro de obras de forma desordenada e sem nenhuma proteção contra as intempéries, como mostra a Fotografia 2.

Fotografia 2 – Armazenamento de sacos de gesso no canteiro de obra estudado, 2021



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

O acondicionamento incorreto do gesso, como mostrado anteriormente, acarreta não somente perda de material por intempéries, mas também pode contaminar o solo e água presente no subsolo, além de obstruir sistemas de drenagem.

O agregado graúdo também estava depositado no canteiro de forma desordeira, diretamente no solo, sem baias e acompanhado de outros materiais, como exposto na Fotografia 3.

A separação incorreta de agregados facilita sua dispersão e conseqüente perda de matéria-prima, além de contribuir para a desorganização e sujeira no canteiro.

Fotografia 3 – Armazenamento do agregado graúdo no canteiro de obra estudado, 2021



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

As armaduras de aço não eram separadas em feixes de acordo com o tamanho das bitolas em conformidade com o indicado, como mostra a Fotografia 4.

Fotografia 4 - Armazenamento das armaduras de aço no canteiro de obra estudado, 2021.



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

A falta de separação das armaduras de aço contribui para que não haja um controle quantitativo de material e, conseqüentemente, implica na necessidade de aquisição de mais materiais sem real necessidade. Além de facilitar o descarte deste material solto pela obra como resíduo.

No canteiro da obra estudada foi observado que os blocos de concreto estavam corretamente dispostos sobre paletes, porém em pilhas superiores 1,50 m, e, em alguns casos, desalinhados, como mostrado nas Fotografias 5 e 6.

Fotografia 5 – Armazenamento de blocos de concreto no canteiro de obra estudado: destaque para o alinhamento da pilha, 2021.



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

Fotografia 6 - Armazenamento de blocos de concreto no canteiro de obra estudado: destaque para a altura da pilha, 2021.



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

Em relação à separação e ao descarte dos resíduos após a utilização, os mesmos eram transportados por carrinhos de mão, quando gerados nos pavimentos inferiores, ou por meio de dutos por gravidade, quando gerados nos pavimentos superiores, até as caçambas estacionárias. Entretanto, havia uma quantidade significativa de resíduo que ficava dispersa pelo canteiro, de forma que em alguns casos se misturavam aos materiais e atrapalhavam o funcionamento adequado das frentes de serviço. A Fotografia 7 exemplifica este caso.

Fotografia 7 – Entulhos dispersos no canteiro de obra estudado, 2021.



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

As caçambas, como já mencionado, eram em sua maioria destinadas aos resíduos mistos. Portanto, com exceção dos resíduos de gesso e parte dos entulhos, todos os resíduos eram acondicionados misturados em caçambas e, posteriormente, retirados pela empresa contratada para dar tratativa à destinação. As Fotografias 8 e 9 representam a disposição dos resíduos nas caçambas.

Fotografia 8 – Acondicionamento de resíduos plásticos, cimentícios e metálicos misturados, 2021



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

Fotografia 9 – Acondicionamento de resíduos cimentícios, solo e partes de gesso acartonado misturados, 2021



Autora: RODRIGUES, T. C. dos R., 2021.

Como mencionado anteriormente, pôde-se analisar diferentes etapas da obra de acordo com as frentes de serviço executadas em cada bloco. Assim, elaborou-se um checklist, similar ao apresentado no Quadro 2, atribuindo conceitos em cada etapa analisada.

Quando se iniciou o trabalho de levantamento de dados em campo, as fases de preparo de terreno e canteiro de obras já haviam sido findadas, assim, não foi possível avaliá-las. Portanto, os itens identificados e conceituados foram: estrutura, vedação, instalação elétrica, reboco, revestimento, pintura e forro de gesso. A avaliação tida para cada etapa está descrita no Quadro 4.

Quadro 4 - Lista de verificação: inspeção de limpeza e segregação de resíduos por fase da obra

SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS						
LISTA DE VERIFICAÇÃO - INSPEÇÃO DE LIMPEZA E SEGREGAÇÃO						
Inspeccionado por: Thais Cristina dos Reis Rodrigues						
Fases da obra / Itens avaliados	Não avaliado / Sem acesso	Péssimo	Fraco	Regular	Bom	Ótimo
Preparo do terreno	X					
Canteiro da obra	X					
Estrutura					x	
Vedação				x		
Instalação elétrica						x
Reboco				x		
Revestimento				x		
Pintura					x	
Gesso				x		

Fonte: Dados de campo, 2021.

Elaboração: Autora, 2022.

Percebe-se, então, que com exceção das instalações elétricas – que eram executadas por empresa terceirizada e apresentavam, de forma geral, satisfatória entrega quanto à limpeza, organização e acondicionamento de materiais e resíduos – todas as outras fases analisadas eram passíveis, em maior ou menor grau, de melhorias.

4.3 Proposição de melhorias

De acordo com o descrito no Manual de Resíduos do SindusCon-SP (2015, p. 92):

A tomada de decisão para implantação da reciclagem em canteiro deve ser embasada em um modelo de custos sólido, na avaliação objetiva dos impactos ambientais das alternativas viáveis, na capacidade do sistema de gestão de atender novas operações e na avaliação dos riscos ocupacionais, tecnológicos e ambientais existentes que dependem do domínio tecnológico do processo.

Além disso,

No conjunto de iniciativas necessárias para o avanço da construção sustentável no país, a gestão de resíduos é, provavelmente, a que mais rápido pode oferecer resultados significativos. Atualmente, dispomos de um arcabouço legislativo e de marcos regulatórios por meio da Política Nacional

de Resíduos Sólidos, da Resolução CONAMA nº 307/2002 e da Política Nacional de Saneamento Básico que coloca o setor no tema com alguma maturidade (SINDUSCON-SP, 2015, p. 12).

Partindo desse pressuposto, neste tópico serão apresentadas formas de melhoria para uma gestão eficiente no canteiro e análise da viabilidade de implementações de reciclagem e reuso dos resíduos, considerando as condições específicas do tipo de obra e da empresa que foram observadas neste estudo.

4.3.1 Organização do canteiro de obras

Como foi afirmado anteriormente, o ponto inicial para uma eficiente gestão de resíduos é a não geração. Uma forma efetiva no controle de geração de resíduos é garantir a integridade dos materiais para evitar que estes se dispersem e acabem por se tornar resíduos, além de prevenir a necessidade de custos com reposição do material inutilizado.

Outro fator crucial é o gerenciamento correto dos resíduos que foram inevitavelmente produzidos. De acordo com Rafael Teixeira (2020), se houver uma gestão eficaz é possível reciclar mais de 90% dos resíduos gerados.

Segundo SENAI (2007, p. 26),

A organização, a limpeza e a segregação de resíduos estão diretamente relacionadas com a questão de perdas, tanto de materiais, quanto de mão-de-obra. Ao se promover uma adequada limpeza e segregação dos resíduos se consegue reduzir enormemente os índices de perda no canteiro, pois: o canteiro de obra fica mais limpo e organizado; se evita a mistura entre os insumos e os resíduos, pois estes serão triados, evitando que materiais novos sejam descartados como resíduo; haverá a possibilidade de reaproveitamento dos resíduos antes do descarte; todos os resíduos a serem descartados serão quantificados e qualificados, o que poderá colaborar na identificação de possíveis focos de desperdício.

Portanto, a principal medida deve ser um gerenciamento melhor dos materiais quanto ao acondicionamento, distribuição, separação, tratamento e transporte. Para tal, propõe-se que haja um treinamento em campo para a sensibilização e conscientização dos colaboradores da obra, ressaltando e valorizando sua participação no sucesso do projeto.

O acondicionamento correto deve seguir algumas diretrizes de forma a evitar desperdícios. O Manual de Resíduos do SindusCon-SP (2015) elenca maneiras adequadas de organização dos materiais, como o empilhamento máximo dos sacos

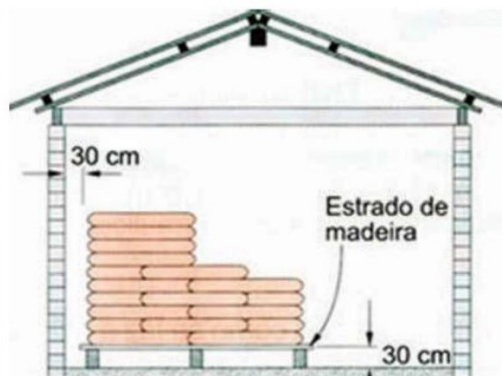
de cimento sobre paletes, e a distância ideal para impedir contato entre as sacarias e o chão ou parede, conforme exemplificado nas Figuras 5 e 6, respectivamente. Assim, propõe-se que a obra analisada disponibilize um local adequado para que os sacos de cimento fiquem sobrepostos adequadamente sobre paletes, de forma que obedeça a um distanciamento de 30 cm entre o chão e parede e não ultrapasse 10 sacos empilhados.

Figura 5 – Sacarias de cimento estocadas sobre paletes



Fonte: SindusCon-SP, 2015.

Figura 6 - Representação esquemática com destaque para o posicionamento em relação ao chão e à parede



Fonte: SindusCon-SP, 2015.

Sugere-se seguir o empilhamento máximo de 1,50 m dos blocos de concreto, mantendo-os alinhados, afim de mitigar o desperdício, além de manter a locação destes em paletes, como já feito pela empresa. A Figura 7 exemplifica um modelo de empilhamento de blocos de concreto, proposto pelo SindusCon-SP. Quanto as armaduras, estas devem ser separadas por bitolas e alocadas apropriadamente. Conforme ilustrado na Figura 8. Além disso, os agregados a granel devem ser separados em baias, próximos ao local destinado à betoneira, de maneira que o material não se disperse ou se misture entre si. O SindusCon-SP exemplifica uma maneira adequada de disposição destes materiais, como mostrado na Figura 9.

Figura 7 – Empilhamento de blocos de concreto



Fonte: SindusCon-SP, 2015.

Figura 8 – Feixes com vergalhões e armaduras



Fonte: SindusCon-SP, 2015.

Figura 9 – Estoques de agregado a granel em baias



Fonte: SindusCon-SP, 2015.

Também, sugere-se a elaboração de um PGRCC eficaz que contemple a correta separação, triagem e acondicionamento dos resíduos. Pois, com isso, é possível que boa parte dos materiais tenham alguma reutilização e que o restante tenha descarte adequado.

Deve-se fazer a segregação dos resíduos e, posteriormente, o acondicionamento. Este acondicionamento inicial deve ser realizado no próprio local onde os resíduos são gerados. Como exemplo de utensílios utilizados para acomodação dos resíduos têm-se as chamadas bombonas e *big bags*.

Segundo SENAI (2007), há algumas formas eficazes de acondicionamento de resíduos de acordo com cada tipo de resíduo. O Quadro 5 exemplifica alguns recursos que podem ser utilizados pela empresa.

Quadro 5 - Exemplo de solução para acondicionamento inicial dos resíduos

Tipo de Resíduo	Acondicionamento inicial
Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, componentes cerâmicos, concreto, tijolos e similares.	Pilhas formadas próximas aos locais de transporte interno, nos respectivos pavimentos.
Madeira	Bombonas ou pilhas formadas nas proximidades da própria ou dos dispositivos de transporte vertical
Plástico (embalagens, aparas de tubulação, etc.)	Bombonas ou fardos
Papelão (sacos e caixa de embalagens utilizados) e papéis (escritório)	Bombonas ou fardos
Metal (ferro, aço, fiação, arame, etc.)	Bombonas
Serragem	Sacos de ráfia próximos aos locais de geração
Gessos de revestimento, placas e artefatos	Sacos de embalagem do gesso ou sacos de ráfia próximos aos locais de geração
Gessos de revestimento, placas e artefatos	Sacos de embalagem do gesso ou sacos de ráfia próximos aos locais de geração
Solos	Eventualmente em pilhas para imediata remoção
Telas de fachada e de proteção	Recolher após o uso e dispor em local adequado, sendo este já para acondicionamento final
EPS (poliestireno expandido) - ex: isopor	Quando em pequenos pedaços, colocar em sacos de ráfia. Em placas, formar fardos.
Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas, instrumentos de aplicação (pincéis, broxas e trinças) e outros materiais auxiliares (panos, trapos, estopas, etc.)	Manuseio com os cuidados observados pelo fabricante do insumo na ficha de segurança da embalagem ou do elemento contaminante do instrumento de trabalho. Imediato transporte pelo usuário para o local de acondicionamento final.
Restos de uniformes, botas, panos e trapos sem contaminação por produtos químicos	Disposição nos <i>bags</i> para resíduos diversos sendo este o acondicionamento final.

Fonte: Senai, 2007.

Elaboração: Autora, 2022.

De acordo com o descrito na Resolução 275 do CONAMA (2001), os dispositivos destinados à coleta devem ser sinalizados mostrando o resíduo segregado e obedecendo à padronização internacional das cores. Os resíduos na obra devem ser ordenados por tipo de acordo com a cor de identificação, além de serem indicados por placas de sinalização, conforme mostrado no Quadro 6 e Figura 10, respectivamente.

Quadro 6 - Padronização internacional de cores

Cor	Tipo de Resíduo
Azul	Papel/papelão
Vermelho	Plástico
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Laranja	Resíduos perigosos
Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviço de saúde
Roxo	Resíduos radioativos
Marrom	Resíduos orgânicos
Cinza	Resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

Fonte: Senai, 2007.

Elaboração: Autora, 2022.

Figura 10 – Padronização dos adesivos para sinalização



Fonte: Senai, 2007.

Além da forma de armazenamento, é preciso seguir algumas práticas de transporte dos resíduos dentro do canteiro. O transporte interno pode ser efetuado pelos meios convencionais presentes no canteiro de obras, como o carrinho de mão, gericas e transporte manual para locomoção horizontal e grua, elevador de carga ou duto coletor para locomoção vertical. É importante atentar-se à logística de transporte de resíduos dentro da obra para impedir problemas com relação ao fluxo de resíduos, que pode consumir tempo de mão-de-obra. O Quadro 7 enumera formas de transporte interno em concordância com o tipo de resíduo.

Quadro 7 - Transporte interno por tipos de resíduos

Tipos de Resíduo	Transporte Interno
Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, outros componentes cerâmicos, concreto e assemelhados.	Carrinho ou gericas para deslocamento horizontal e condutor de entulho, elevador de carga ou grua para transporte vertical.
Madeira	Grandes volumes: transporte manual (em fardos) com auxílio de gericas ou carrinhos associados a elevador de carga ou grua. Pequenos volumes: deslocamento horizontal manual (dentro dos sacos de rafia) e vertical com o auxílio de elevador de carga ou grua, quando necessário.
Plástico, papelão, papéis, metal, serragem e EPS	Transporte de resíduos contidos em sacos, bags ou em fardos com o auxílio de elevador de carga ou grua, quando necessário.
Gessos de revestimento, placas acartonadas e artefatos.	Carrinhos ou gericas para deslocamento horizontal e elevador de carga ou grua para transporte vertical.
Solos	Equipamentos disponíveis para escavação e transporte (pá-carregadeira, etc.). Para pequenos volumes, carrinhos e gericas.

Fonte: Senai, 2007.

Elaboração: Autora, 2022.

Diante do exposto, recomenda-se, neste estudo, a aquisição de bombonas ou *big bags* para o acondicionamento de resíduos gerados em cada pavimento, seguindo os critérios de separação e identificação. Como em cada bloco há uma frente de serviço distinta, estima-se que não há necessidade de quantidade superior a 2 itens por pavimento, assim, a quantidade total a ser adquirida deve ser igual à 112 unidades. Considerando valor médio por item igual a R\$250,00 (segundo valores obtidos no *software* da empresa, Siecon) o custo total de investimento seria igual a R\$28.000,00, algo que representa menos que 0,17% do custo global do empreendimento.

Tabela 4 – Custo estimado para aquisição de equipamentos para acondicionar resíduos

Quantidade de blocos	Quantidade de pavimentos por bloco	Bombonas/<i>Big bags</i> por pavimento	Valor aproximado do produto	Custo estimado de investimento
14	4	2	R\$ 250,00	R\$ 28.000,00

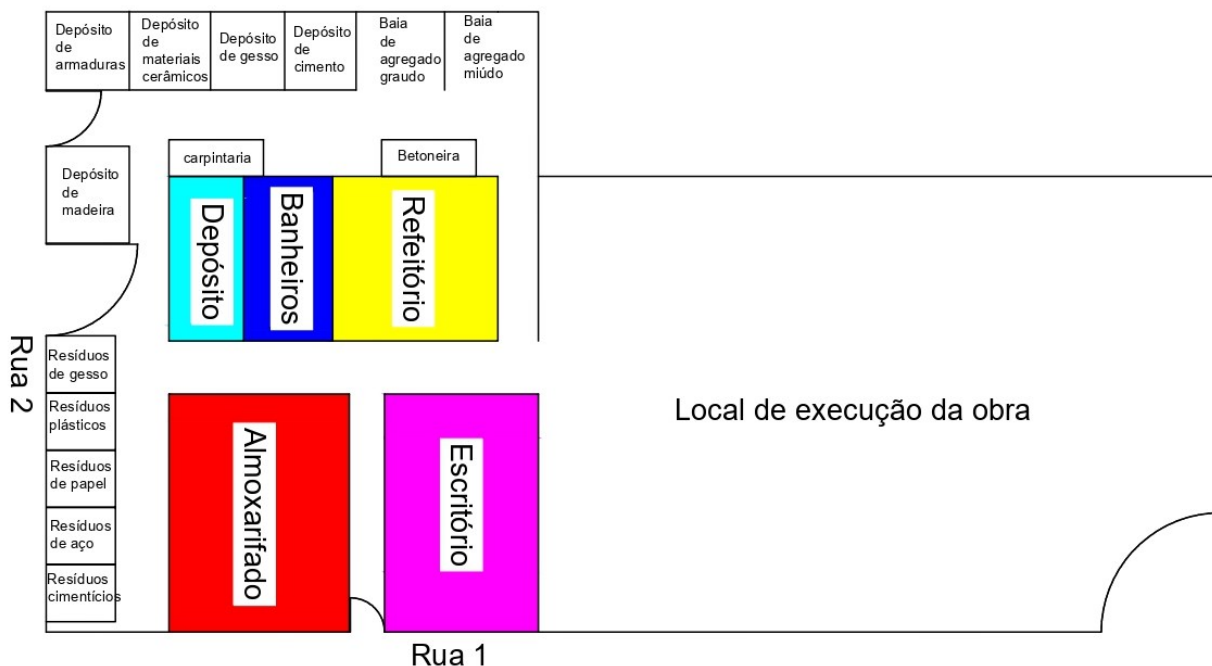
Fonte: Dados do *software*, 2022.

Elaboração: Autora, 2022.

Ademais, sugere-se a reestruturação do canteiro de obras com delimitação apropriada para cada tipo de resíduo gerado, além do acondicionamento de materiais

de forma organizada, em local pré-estabelecido e seguindo as diretrizes supramencionadas. A Figura 11 ilustra um croqui com alterações recomendadas neste estudo.

Figura 11 – Croqui com alterações propostas no canteiro de obras



Elaboração: Autora, 2022.

O canteiro de obra fica alocado entre duas ruas perpendiculares. Uma das ruas oferece entrada entre o almoxarifado e o escritório, além do portão no local de execução da obra. Já a rua perpendicular à primeira, oferece entrada entre as laterais do depósito de madeira.

Assim, os caminhões coletores acessariam o canteiro pela entrada à direita do depósito de madeiras, de forma que o trajeto para recolhimento dos resíduos não prejudique o funcionamento do local de trabalho.

O recebimento de materiais como armaduras, madeira, cerâmicos, gesso, cimentícios e agregados seria feito pela lateral esquerda do depósito de madeiras. Demais materiais seriam recebidos pelo portão lateral ao almoxarifado.

Embora haja um investimento inicial da empresa, a mitigação em desperdícios de materiais, a melhora na dinâmica de trabalho e o ganho em tempo de mão-de-obra, suprem tal valor.

4.3.2 Separação de resíduos de aço para logística reversa

A Resolução do CONAMA 469/2015 engloba como resíduo reciclável as embalagens vazias de tintas imobiliárias. Na obra analisada, considerando a quantidade de latas de tinta compradas durante a construção do empreendimento, geraram-se cerca de 1.396 unidades de embalagens de tinta.

A princípio foi verificada a possibilidade de logística reversa das embalagens de latas de tinta em parceria com o projeto ProLata Reciclagem. “A PROLATA Reciclagem é uma associação sem fins lucrativos, criada em 2012, uma iniciativa da Associação Brasileira de Embalagem de Aço (ABEAÇO) e com coordenação e patrocínio conjunto com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI) para o cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei no 12.305/10, e demais políticas de resíduos.”

O objetivo principal do programa é: viabilizar o retorno de embalagens de aço descartadas após o uso dos produtos, dar destinação final ambientalmente adequada aos materiais devolvidos, especialmente por meio de reciclagem de sucata e aço; gerar estatísticas confiáveis sobre os índices de reciclagem de latas de aço, abrir canal direto com o público consumidor; fomentar centros de reciclagem e parcerias com cooperativas de catadores e catadores de materiais recicláveis; valorizar o preço da sucata de aço embalagens; estimular a reciclagem de aço no país (PROLATA, 2012).

Em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o sistema de logística reversa de embalagens de aço compreendido pelo ProLata implica na adoção das seguintes ações: atuação em parceria com cooperativas de catadoras e catadores de materiais recicláveis; instalação de pontos de entrega voluntária para recepção dos materiais devolvidos pelos usuários; estruturação de centros de recebimento de forma a viabilizar o recebimento de embalagens de aço descartadas em grandes volumes (PROLATA, 2012).

Para conferir a possibilidade de parceria entre o programa e a empresa responsável pela obra, contactou-se a representante do programa, Cristine Fulchini. De acordo com a supracitada, a empresa está apta a participar do Programa e para dar início a parceria seria necessário a separação e acondicionamento correto das latas de tinta, não sendo necessário ter uma quantidade mínima para descarte.

Algumas empresas - como a Trisul Construtora, localizada em São Paulo – fazem a diluição de toda a tinta a ser usada em um mesmo recipiente (galões plásticos de 200 litros) e limpeza dos pincéis no mesmo local. Este procedimento minimiza o desperdício de material e facilita a separação das latas para reciclagem.

A partir do programa mencionado, a construtora seria vinculada a um fornecedor de materiais em aço - como a Gerdau, por exemplo. A empresa fornecedora faria o recolhimento dos resíduos e, em consonância, proporcionaria um desconto nos produtos vendidos à construtora. Dessa forma, como no exemplo citado, A Gerdau retiraria os resíduos de latas de tinta na obra – já triados e higienizados – e contabilizaria a quantidade recolhida em descontos de compras de armações. O valor monetário do desconto não foi informado para a pesquisa.

Neste estudo, propõe-se que seja feito algo semelhante ao referido, de modo que sejam alocados recipientes próximos aos blocos que estejam em fase de pintura. Assim, um colaborador treinado retiraria a tinta das embalagens de aço, as colocaria em quantidade suficiente para uso diário no recipiente de plástico, faria a limpeza e triagem dos resíduos e os alocaria em local pré-determinado no tópico anterior.

Para implantação seria necessário, em média, 3 recipientes plásticos de 200 litros. Conforme os dados fornecidos pelo *software* da empresa, o valor de cada item é aproximadamente R\$380,00. Portanto, o valor final, de acordo com a proposta apresentada, é de R\$1140,00. Este custo representa um valor insignificante ao custo global do empreendimento.

Ademais, tal proposta resultaria não só em retorno monetário (devido aos descontos aplicados pelo fornecedor), mas também visibilidade à imagem ambientalmente adequada da empresa.

4.3.3 Reaproveitamento de água

O uso de água é um fator primordial em quase todos os processos na indústria da construção civil, o que gera, portanto, alto consumo por parte deste setor. Com isso, a necessidade de controle do uso e adoção de medidas e equipamentos que busquem racionalizar, e até mesmo reutilizar, a água dentro do canteiro das obras é cada vez maior (BRASILEIRO, 2015).

De acordo com o Conselho Brasileiro da Construção Sustentável (CBCS, 2016), o setor da construção civil consome grande parcela da água potável no mundo. Em áreas urbanizadas, por exemplo, o consumo é de cerca de 50% da água fornecida à região. Ainda segundo o CBCS (2016), a substituição do uso de água potável por fontes alternativas pode diminuir o valor para algo entre 30 e 40%.

Neste estudo, propõem-se um sistema de reuso de águas pluviais. A captação de água da chuva é uma prática já bastante difundida em vários países, como a Austrália e Alemanha. (SILVEIRA, 2008).

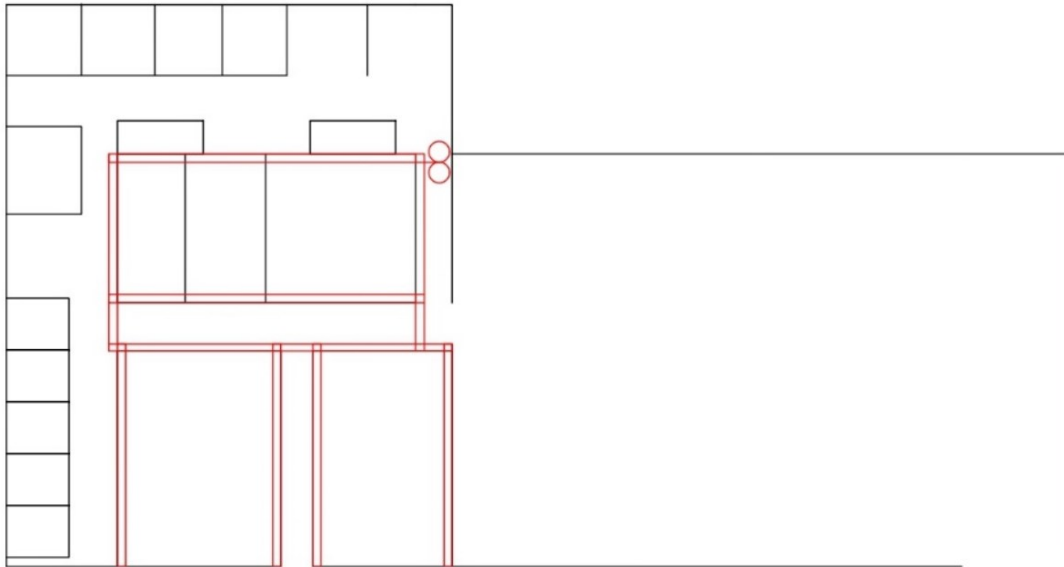
O uso de águas pluviais em substituição da água tratada pela rede pública implica na redução do consumo de água destinada à população e, conseqüentemente, diminuição dos custos para a empresa.

De acordo com Spezzio (2015), o custo de implantação de um sistema para aproveitamento de águas pluviais é, em média, menor que 1% do custo total da obra.

Rillo (2006) afirma que a água das chuvas pode ter numerosas utilizações dentro do canteiro de obras, como produção de concretos e argamassas, e cura destes, umectação de materiais finos e lavagem do canteiro. Além disso, pode-se utilizar esta água em descargas de vasos sanitários e lavagem de ferramentas, por exemplo.

O presente estudo sugere, então, a implantação de um sistema de captação da água pluvial por meio de calhas (identificadas pela linha vermelha) instaladas nos telhados dos banheiros, refeitório, escritório, almoxarifado e depósito (apresentados na Figura 11). Então, o fluído seria transportado em tubos e conexões até às caixas d'água, onde seria armazenado, conforme croqui apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Croqui com instalação das calhas no canteiro de obras



Elaboração: Autora, 2022.

O método de aproveitamento de água proposto consiste basicamente por duas caixas d'água, uma para captação e decantação de partículas maiores e outra para armazenamento e distribuição, calhas de alumínio, tubos e conexões em PVC. A Figuras 13 e 14 indicam um sistema similar ao indicado neste trabalho.

Figura 13 – Caixas d'água para aproveitamento de águas pluviais



Fonte: Revista Técnica, 2015.

Figura 14 – Canos de PVC e válvula de retenção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais



Fonte: Revista Técnica, 2015.

A partir de um levantamento de dados no Siecon, foi possível estimar o custo de R\$2.221,77 para instalação deste sistema no canteiro de obras estudado, valor que

representa em média 4% do total gasto com abastecimento de água na execução do empreendimento.

Tabela 5 – Custo de instalação de sistema de aproveitamento da água pluvial

Itens para instalação	Quantidade necessária	Valor unitário	Valor Total
Caixa d'água 1000 L	2	R\$ 398,88	R\$ 797,76
Calha de chapa galvanizada (m)	20	R\$ 29,00	R\$ 580,00
Tubo de PVC branco 150mm (m)	30	R\$ 13,07	R\$ 392,10
Joelho de transição retangular	12	R\$ 32,23	R\$ 386,76
Válvula de retenção	1	R\$ 65,15	R\$ 65,15
			R\$ 2.221,77

Fonte: Dados do *software*, 2022.

Elaboração: Autora, 2022.

Dessa forma, este seria um sistema viável economicamente, que auxilia na economia de água tratada pela rede pública e de fácil implementação.

4.3.4 Implementação de usina de reciclagem na obra e reutilização dos resíduos de concreto

Primeiramente, é importante destacar que a obra em questão emprega o sistema construtivo em paredes de concreto².

O site Tecnosil ([s.d.]), apontou algumas vantagens relevantes ao estudo em pauta do uso do sistema construtivo supracitado, sendo elas:

- Sustentabilidade: esse sistema construtivo minimiza a geração de resíduos, principalmente pelo fato de não ser necessário a quebra da parede após a sua construção para a instalação dos sistemas hidráulicos e elétricos.
- Limpeza: como todos os processos geram menos resíduos quando comparados a outros sistemas construtivos, o sistema de paredes de concreto acaba por resultar em um canteiro de obras mais organizado e limpo. (TECNOSIL, 2021).

Assim, embora haja resíduos de concreto gerados na obra, o volume deste é menor se comparado ao sistema construtivo convencional. De qualquer forma, julgou-

² O método construtivo de parede de concreto de fôrmas montadas no local da obra. Antes do lançamento do concreto nas formas das paredes, os sistemas hidrossanitário e elétrico são instalados (PINHO, 2010).

se necessário a verificação de possível incrementação de um sistema de reciclagem dos resíduos de concreto na obra.

O Manual de Resíduos do SindusCon-SP (2015) afirma que o equipamento utilizado para bombear concreto gera cerca de 1,4 m³ de resíduos de concreto fresco por uso. Em uma obra de médio porte, o equipamento é usado em média 50 vezes, gerando aproximadamente 70 m³ de resíduos de concreto. Este valor equivale ao volume médio de concreto em uma laje tipo.

Na obra em estudo, uma pequena parcela (cujo valor é inestimado) deste concreto não aproveitado, vira resíduos. Visto que, a empresa utiliza este concreto fresco proveniente do equipamento de bombeamento para concretar vias de acesso e calçadas.

Sobre a reciclagem do concreto que inevitavelmente torna-se resíduo, há formas que podem ser facilmente executadas para implantação de usinas móveis de britagem e sem a necessidade de grandes áreas de operação. O Manual dos Resíduos traz exemplos de equipamentos e um resumo de suas principais características. A opção mais compacta é a caçamba trituradora, porém a produção é inferior a 50 t/h (para produção de agregado com dimensão inferior a 60mm) e o controle dimensional do agregado é mais complexo de ser realizado. As características das usinas com britadores de mandíbula e impacto não diferem significativamente, em termos de dimensão, massa do conjunto, potência, etc. Os britadores de impacto, devido a maior capacidade de redução de tamanho de partículas, conseguem produzir agregados reciclados com dimensão máxima de até 15mm, o que não é viável de ser produzido em britadores de mandíbula, especialmente deste porte.

Para se operar uma usina de reciclagem na obra, deve-se comunicar o órgão ambiental e requerer um licenciamento ambiental específico, de acordo com a destinação do material reciclado. A introdução de uma usina de reciclagem também requer conhecimento dos colaboradores – o resíduo passa a ser matéria prima – e treinamento da equipe para operação de equipamentos e aplicação. Este custo só é baixo em um ambiente de baixa rotatividade da equipe, porém, esta não é uma realidade da empresa analisada.

De acordo com o Manual de Resíduos do SindusCon-Sp (2015), algumas possíveis utilizações de agregados provindos de reutilização: vias de acesso com brita reciclada; argamassas com areia reciclada: aplicação em argamassas de contrapiso, de assentamento e de revestimento - neste caso precisa-se atentar à qualidade do material; contrapiso de interiores de unidades habitacionais.

Outra opção averiguada foi a separação e envio dos resíduos para uma usina de reciclagem já existente. Neste caso, a usina encontrada mais próxima à cidade de Uberlândia/MG (cerca de 277 km de distância) e que se dispôs a executar tal serviço, localiza-se no município de Ribeirão Preto/SP. Entretanto, o custo que seria destinado ao transporte dos resíduos seria inviável para a empresa, pois o valor para transportar tais resíduos seria aproximadamente 3 vezes maior que valor pago em caçambas (Tabela 6). Além disso, deve ser considerado que o transporte dos resíduos para distâncias maiores gera mais consumo de combustível fóssil e emissões atmosféricas, não sendo, em geral, uma solução sustentável.

Tabela 6 – Comparativo de custos para reciclagem de resíduos cimentícios

Estimativa de resíduos cimentícios gerados com base nos indicadores (m³)	Valor desprendido em cada caçamba para retirada do resíduo	Quantidade de caçambas necessárias	Valor total gasto com caçambas	Valor cotado para retirada dos resíduos pela usina mais próxima
728,884	R\$ 330,00	146	R\$ 48.180,00	R\$ 142.680,00

Elaboração: Autora, 2022.

Diante do exposto, percebeu-se que a implementação de uma usina de reciclagem de resíduos de concreto ou o envio destes resíduos à uma usina já existente é impraticável no momento.

Assim, a solução possível para descarte correto deste resíduo deve seguir as orientações contidas na resolução do CONAMA nº307/2022 e em suas alterações, que descreve sobre a separação, triagem e encaminhamento dos resíduos cimentícios a aterros para alocação de resíduos inertes da construção civil.

4.3.5 Reciclagem dos resíduos plásticos

Segundo as descrições do Manual de Resíduos do SindusCon-Sp (2015), a reutilização de resíduos de plástico dentro da própria obra não é uma opção economicamente viável e bastante restrita. Portanto, sugere-se buscar empresas que fazem a coleta e reciclagem desse material.

Na obra estudada, usa-se cerca de 4 barris plásticos de desmoldante por bloco simples e o dobro da quantidade nos blocos duplos. Assim, durante a execução da obra usaram-se cerca de 92 unidades de barris plásticos, que, de acordo com a descrição do fabricante, estão inclusos em classe de risco não aplicável.

Além das embalagens de desmoldantes, têm-se as embalagens de material, copos plásticos utilizados pelos funcionários e materiais descartados no escritório – estimados em aproximadamente 73 m³ pelo estudo de indicadores de geração de resíduos. Portanto, cerca de R\$4.818,00 foram destinados à retirada de resíduos plásticos da obra estudada.

Foi feita a cotação em uma empresa local para coleta dos resíduos plásticos, e o valor estimado por quilo de material é R\$1,90 (pagos da empresa coletora à construtora). Com isso, seria possível diminuir os gastos com o descarte e promover uma destinação adequada ao resíduo.

Outra possibilidade é a doação dos resíduos plásticos a catadores recicláveis da cidade. Tal decisão, embora não acarrete lucros à construtora, promove a empregabilidade de catadores autônomos e beneficia a comunidade.

A proposta de implantação para reciclagem de resíduos plásticos é relativamente simples. Assim como os outros resíduos, primeiramente deve-se ter uma gestão efetiva de separação, triagem e acondicionamento, conforme analisado em tópicos anteriores. Posteriormente, deve-se contatar a empresa responsável pela coleta, que irá ao local fazer a retirada. Portanto, não há custos significativos de implantação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na obra analisada há diversas medidas que podem ser tomadas para aprimoramento de um canteiro com baixo impacto ambiental – conforme prescrito nas categorias 3, 5 e 6 da certificação AQUA-HQE.

Foi percebido, neste estudo, que o atual gerenciamento de resíduos no canteiro de obra observado apresenta algumas imperfeições facilmente reversíveis. Porém, os efeitos das inconsistências observadas são muito significativos, principalmente do ponto de vista ambiental.

Os principais aspectos observados com falhas ou inadequações foram:

- o incorreto acondicionamento de materiais, sendo uma das causas para geração de resíduos no canteiro e de potenciais processos poluidores do solo e da água;
- desorganização no canteiro e falha na limpeza, o que dificulta o processo de separação dos materiais e resíduos.
- inadequada e insuficiente separação de resíduos, fazendo com que parcela significativa dos resíduos reaproveitáveis e recicláveis seja coletada misturada a outros, dificultando o tratamento desses resíduos pelas empresas coletoras e encarecendo os custos da obra com o manejo de resíduos;

Pela vivência da pesquisadora no canteiro de obra, pode-se afirmar que a falta de treinamento dos colaboradores e a alta rotatividade da mão-de-obra, são fatores que contribuem muito com as situações de inadequações destacadas neste estudo.

No que se refere às melhorias propostas à obra, percebeu-se que a organização do canteiro de obras, a logística reversa nas latas de tinta, o reaproveitamento de águas pluviais e a destinação de resíduos plásticos à reciclagem são viáveis e passíveis de implementação simples para a empresa. Entretanto, no que se refere a implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de concreto na obra, ou até mesmo o envio destes resíduos à usina mais próxima, não é uma alternativa factível para a empresa atualmente.

Em suma, é praticável que a empresa empregue meios de melhoria no gerenciamento da obra propostos pela certificação analisada, de forma que não haja prejuízos econômicos ou demande tempo exacerbado dos colaboradores.

Entretanto, a aplicação dessas melhorias depende também de mudanças na visão e na política da empresa com relação à gestão ambiental. Para o devido sucesso das propostas, é fundamental que empresa dê ênfase aos aspectos ambientais das obras desde o planejamento inicial de seus empreendimentos e entre os gestores e administradores, projetistas, engenheiros, demais colaboradores e nas relações com os parceiros que prestam serviços terceirizados.

6 REFERÊNCIAS

AFONSO, Henrique dos Santos Posser. **Análise qualitativa dos sistemas de certificação ambiental no Brasil: aplicabilidade e efetividade dos sistemas leed, aqua-hqe e fator verde como ferramentas promotoras de sustentabilidade na construção civil**. 2019. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

ANDRADE, Jade Alves Souza de. **Avaliação e Acompanhamento no Nível Global da Implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

ARAÚJO, Cleane Cruz de. et al. Reuso de água no canteiro de obra: sustentabilidade, viabilidade e insumos. **Revista Acta Scientia**, Volume 2 - Número 2 - jul/dez de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 11, n. 1, 2006, pp. 65-72.

BARBOSA, Marina Gonçalves Mendes de Carvalho. A construção civil sustentável sob a ótica de engenheiros e arquitetos. **Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia** - Ano 9, Edição nº 15 Vol. 01 julho/2018.

BRASIL, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 10 mar 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002, Seção 1, p. 95-96.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, n 61, 2015, p. 178-189.

CALVI, Luiz Filipe Hermes. **Sustentabilidade na construção civil: estudo de caso em uma organização não governamental.** 2018. 190 f. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CARDOSO, Luciana Pzygodzinski. Sustentabilidade e a reciclagem de resíduos sólidos na construção civil. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, v. 10, 2015.

CAVALCANTE, Livia Gasparelli. **Materiais construtivos, sustentabilidade e complexidade - análise da relação entre especificação de materiais construtivos e desenvolvimento sustentável.** 2011. 248 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. CBCS.ORG.BR. **CBCS**. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/cbcs-noticias/default.asp> . Acesso em: 10 mar. 2022

CONTE, A. F.; SOLDATI, E. **Análise sobre o gerenciamento de resíduos da construção civil, de uma construtora de médio porte no município de Juiz de Fora – MG, um estudo de caso**. 2020. 31 f. Graduação em Engenharia Civil - Rede de Ensino Doctum, Juiz de Fora, 2020.

DUARTE, Natalie Costa. et al. Comparativo dos requisitos leed e aqua para certificação ambiental de edificações. **Anais...** VII Forum Internacional de Resíduos Sólidos, Porto Alegre, 2016.

FIRJAN. **Construção Civil: Desafios 2020**. 2014, 243p.

FORMOSO, Carlos Torres. et al. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Porto Alegre – RS, 1998.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **A Fundação Vanzolini**. 2015. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/institucional/>. Acesso em: 10 mar 2022.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, 2012, pp. 1503-1510.

GRANZIERA, M. L. M.; REI, F. **Energia e meio ambiente: Contribuições para o necessário diálogo**. Santos (SP): Editora Universitária Leopoldianum, 2015. 240 p.

GTZ, SEBRAE, SENAI. **Gestão de Resíduos na Construção Civil: Redução, Reutilização e Reciclagem**. São Paulo, 2007.

KARPINSKI, Luisete Andreis. et al. Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no município de Passo Fundo-RS. **Estudos tecnológicos** - Vol. 4, n° 2, p. 69-87, mai/ago 2008.

KARPINSKI, Luisete Andreis. **Proposta de gestão de resíduos da construção civil para o município de Passo Fundo-RS**. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007.

LAGO, André Aranha Corrêa do. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: O Brasil e as Três Conferências Ambientais das Nações Unidas**. FUNAG: Brasília, 2006. 276 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação ambiental na construção civil – sistemas leed e aqua**. 2011. 59 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MACEDO, Patricia Martins Torres. **Avaliação de sustentabilidade em edifícios: um estudo de indicadores de água e energia na unidade da FIOCRUZ Pernambuco**. 2011. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4 2017, pp. 79-90.

MESEGUER, Alvaro Garcia. **Controle e Garantia da Qualidade na Construção**. SÃO PAULO: SINDUSCONSP, 1991.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 45.181, de 25 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos.

MINAS GERAIS. **Deliberação normativa copam nº 232, de 27 de fevereiro de 2019**. Institui o Sistema Estadual de Manifesto de Transporte de Resíduos e estabelece procedimentos para o controle de movimentação e destinação de resíduos sólidos e rejeitos no estado de Minas Gerais e dá outras providências. (Publicação - Diário do Executivo – "Minas Gerais" – 09/03/2019).

MINAS GERAIS. **LEI Nº 14.128, de 19 de dezembro de 2001**. Dispõe sobre a política estadual de reciclagem de materiais.

MINAS GERAIS. Lei nº 18.031 de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. **Diário do Executivo**, 13 de janeiro de 2009.

MINGRONE, Renan Cristian Cabral. **Sustentabilidade na construção civil: análise comparativa dos conceitos empregados em obras segundo as certificações aqua-hqe e leed**. 2016. 72 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Vol. 4, n 1, maio de 2009, 84-119 p.

NASCIMENTO, Luis Felipe. **Gestão ambiental e sustentabilidade**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração. UFSC; [Brasília] : CAPES : UAB, 2012. 148p.

PINHO, Dino de Tarso Pinheiro e. Sistema construtivo de parede de concreto – um estudo de caso. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 54. 2010.

PROLATA. **Prolata**. [S.l.]. ProLata, 2012. Disponível em: <https://www.prolata.com.br/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

REFAEL TEIXEIRA. **Rafa resolve**. [S.l.]. Rafa Resolve, 2020. Disponível em: <https://rafaresolve.com.br/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

REIS, Schirley Gonçalves Marques dos. **Resíduos da construção civil (RCC): proposta de gerenciamento na cidade de Imbituba**. 2021. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2021.

RIBEIRO, Flávia Alice Borges Soares. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição em Uberlândia, no Contexto da Implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

RILLO, Joaquin. **Viabilidade Econômica do Reuso da Água na Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

RIOS, Mariana Barreira Campos. **Estudo de aspectos e impactos ambientais nas obras de construção do bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas 2016**. 2014. 102 f. Projeto de Graduação (Engenheiro) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

RODRIGUES, Larissa Schmitz. **Certificação ambiental na construção civil: sistemas leed e aqua**. 2020. 151 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos avançados**, n. 26, v.74, 2012.

ROSBACK, Vinícius Oliveira. **Certificações na construção civil: comparativo entre leed e aqua**. 2018. 53 f. Monografia (MBA em Gestão Empresarial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, 2018.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. Construção Civil e a Degradação Ambiental. **Desenvolvimento em Questão Editora Unijuí**, ano 7, n. 13, jan./jun. 2009, p. 111-128.

SEBRAE. **Certificação Ambiental**. Sustentabilidade nos pequenos negócios, 2. ed. p. 3, 2015.

SILVA, Andrezza Santana. et al. Gestão dos resíduos sólidos gerado pelo setor da construção civil (construtoras) em Aracaju. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas Unit**, Aracaju, v. 2, n.1, p. 137-144, 2014.

SILVEIRA, Bruna Quick da. **Reuso da água em edificações residenciais**. 2008. 44 p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

SILVEIRA, José Henrique Porto. **Sustentabilidade e Responsabilidade Social – Volume 3**. Belo Horizonte - MG: Poisson, 2017. 258p.

SINDUSCON-SP. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil, A experiência do SindusCon-SP**. Manual de Resíduos, São Paulo - SP, 2005.

SINDUSCON-SP. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil, Avanços Institucionais e Melhorias Técnicas**. Manual de Resíduos, São Paulo - SP, 2015.

SPEZZIO, Allan. et al. Consumo de água em canteiro de obras: gestão da demanda de água. **PHA2537 Água em ambientes urbanos**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.

TECNOSIL. TECNOSILBR.COM.BR. **TECNOSIL**. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

UBERLÂNDIA. **Decreto Nº 16.063, De 1º De Outubro De 2015**. Dispõe Sobre A Gestão Sustentável Eletrônica De Resíduos Da Construção Civil E Volumosos No Município De Uberlândia E Dá Outras Providências. Disponível em:

<https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/decreto/2015/1606/16063/decreto-n-16063-2015-dispoe-sobre-a-gestao-sustentavel-eletronica-de-residuos-da-construcao-civil-e-volumosos-no-municipio-de-uberlandia-e-da-outras-providencias>.

Acesso em: 10 mar 2021.

UBERLÂNDIA. **Lei Municipal 10.280 de 28 de setembro de 2009**. Institui o sistema municipal para a gestão sustentável de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, revoga a lei nº 9244 de 26 de junho de 2006 e dá outras providências.

UBERLÂNDIA. **Lei Nº 11.959, De 22 De Setembro De 2014**. Aprova O Plano De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos - PGIRS Do Município De Uberlândia. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-ordinaria/2014/1195/11959/lei-ordinaria-n-11959-2014-aprova-o-plano-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-pgirs-do-municipio-de-uberlandia>. Acesso em: 10 mar 2021.

VALENTE, Josie Pingret. **Certificações na construção civil: comparativo entre leed e hqe**. 2009. 71 f. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

YUDELSON, Jerry. **Projeto Integrado e Construções Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2013.