



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

CLEÍRTON MORAES FREITAS

**PANORAMA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DE GESSO NA CONSTRUÇÃO
CIVIL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE TABULEIRO DO NORTE - CE**

MOSSORÓ – RN

2021

CLEÍRTON MORAES FREITAS

**PANORAMA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DE GESSO NA CONSTRUÇÃO
CIVIL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE TABULEIRO DO NORTE - CE**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marília Pereira de Oliveira – UFERSA.

MOSSORÓ – RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F862p Freitas, Cleirton Moraes.

Panorama da gestão dos resíduos de gesso na construção civil: um estudo de caso no município de Tabuleiro do Norte - CE / Cleirton Moraes Freitas.
- 2021.

47 f. : il.

Orientadora: Marília Pereira de Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2021.

1. Resíduos da construção civil. 2. Plano de gerenciamento. 3. Sustentabilidade. I. Oliveira, Marília Pereira de , orient. II. Título.

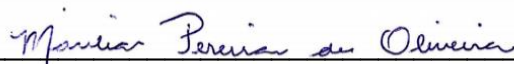
CLEÍRTON MORAES FREITAS

**PANORAMA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DE GESSO NA CONSTRUÇÃO
CIVIL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE TABULEIRO DO NORTE - CE**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 24 / 05 / 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marília Pereira de Oliveira (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Marineide Jussara Diniz (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Alisson Gadelha de Medeiros (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por esta sempre comigo em meio as dificuldades, se mostrando sempre presente e me fortalecendo, dando saúde e sabedoria para que eu pudesse tomar as decisões certas.

A minha mãe, Lúcia Moraes, que sempre foi um grande exemplo e fortaleza para mim, pelos incentivos, por sua dedicação incansável, sempre lutando por mim e me priorizando. Pela minha educação, por me guiar nesse caminho tão árduo de maneira exemplar, acreditando e confiando sempre em mim. Por todo amor, carinho, atenção, paciência e dedicação.

A meu pai, Clerton Freitas, que me ensina todos os dias o que é ser um bom profissional, com sua dedicação ao trabalho e sua determinação. Por todos os ensinamentos, por estar presente na minha vida todos os dias. Por tudo que faz por mim e por todo carinho que me dá. Por sempre me orientar e aconselhar a me tornar cada vez mais maduro. Dedicando a nossa família todo seu tempo e amor, e não medido esforços nem investimentos em meus estudos.

A minha irmã, Camila Moraes, que tem contribuído de sua maneira para que eu pudesse ser quem sou hoje, e pelo seu amor e carinho para comigo.

A minha noiva, Alanna Mikaela, que esteve sempre ao meu lado me ajudando e dando conselhos para seguir em frente todos os dias apesar das dificuldades.

Aos meus amigos, que sempre estão comigo e me impulsionam a prosseguir apesar dos obstáculos a serem enfrentados, através de mensagens de motivação e o exemplo de cada um de vocês que acrescentam qualidades na minha formação.

A minha orientadora, Professora Dr. Marília Pereira de Oliveira, pela orientação durante todo esse tempo, sugestões que só acrescentaram este trabalho e também pela amizade. Pela compreensão, disponibilidade e dedicação.

RESUMO

O gesso há vários anos, é um material amplamente usado em diversos setores, principalmente na construção civil. Entretanto, nas últimas décadas sua aplicação tem aumentado bastante e, com isso, a preocupação com as grandes quantidades de resíduos geradas deste material não inerte. Além disso, verifica-se que os geradores não possuem ações preventivas de controle de resíduos. Nesse sentido, o principal órgão do governo responsável pela preservação da qualidade ambiental brasileira que estabelece normas e padrões nacionais é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), onde determina as diretrizes para manutenção do equilíbrio ecológico. Com a resolução de n. 307, de 2002 do CONAMA, os resíduos da construção civil passaram a ter atenção especial, pois representam uma parte bastante significativa dos resíduos sólidos gerados e causadores de impactos ambientais se não gerenciados de maneira correta. Além de que, os resíduos de gesso passaram a ser incluídos na lista de resíduos de classe B, com a resolução CONAMA n. 431 de 2011, sendo assim classificados como resíduos recicláveis para outras destinações. Neste contexto, através de um estudo de caso realizado no município de Tabuleiro do Norte-CE, pôde-se apresentar o gesso como material para revestimento de alvenarias, quantificar os resíduos gerados pela execução dos serviços, verificar as etapas de gestão dos resíduos, e a partir disso propor um plano de gerenciamento, e por fim, identificar as possíveis alternativas de reaproveitamento.

Palavras-chave: Resíduos da construção civil. Plano de gerenciamento. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Plaster for several years is a material widely used in several sectors, mainly in civil construction. However, in the last decades its application has increased a lot and, with that, the concern with the great amounts of residues generated from this non-inert material. Besides, it appears that the generators do not have preventive waste control actions. In this sense, the main government agency responsible for preserving Brazilian environmental quality that establishes national norms and standards is the National Environment Council (CONAMA), which determines the guidelines for maintaining ecological balance. The CONAMA resolution No. 307 of 2002 is about the civil construction waste started to receive special attention, since it represents a very significant part of the solid waste generated and causing environmental impacts if not managed correctly. In addition, plaster waste is now included in the class B waste list, with CONAMA resolution no. 431 of 2011, being thus classified as recyclable waste for other destinations. In this context, through a case study carried out in the Tabuleiro do Norte-CE city, it was possible to present plaster as a material for lining masonry, quantifying the waste generated by the execution of services, verifying the stages of waste management, and from there it was possible to propose a management plan, and then, identifying possible alternatives for reuse.

Keywords: Civil construction waste. Management plan. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	–	Evolução das legislações brasileiras.....	12
Figura 02	–	Classificação da NBR 10004/2004.....	14
Figura 03	–	Etapas do PGRCC	18
Figura 04	–	Bacia sedimentar de mineração de gipso.....	21
Figura 05	–	Ciclo da produção do gesso.....	22
Figura 06	–	Acabamento da pasta de gesso.....	24
Figura 07	–	Etapas de aplicação de revestimento desempenado.....	25
Figura 08	–	Execução de forro de gesso.....	27
Figura 09	–	Obra A.....	29
Figura 10	–	Obra B.....	30
Figura 11	–	Tabela SEINFRA.....	31
Figura 12	–	Procedimentos feitos no estudo.....	32
Figura 13	–	Execução do revestimento de alvenarias internas.....	33
Figura 14	–	Resíduos gerados na execução do revestimento de gesso na obra A.....	35
Figura 15	–	Resíduos gerados na execução do revestimento de gesso na obra B.....	36
Figura 16	–	Recipiente usado para medir o volume de resíduos.....	36
Figura 17	–	Destinação realizada pela empresa.....	37
Figura 18	–	Proposta de PGRCC.....	38
Figura 19	–	Tijolos sustentáveis.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	– Consumo estimado x consumo real.....	34
Tabela 02	– Custo estimado x custo real.....	34
Tabela 03	– Quantidade de resíduo gerada.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivo geral	10
2.2	Objetivos específicos	10
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1	Resíduos da construção civil	11
3.1.1	Classificação dos resíduos sólidos na construção civil	12
3.1.2	Resíduos sólidos – Classificação (NBR 10004/2004)	14
3.1.3	Resolução CONAMA 307 de 2002	15
3.1.4	Impactos ambientais causados na construção civil	16
3.2	Gestão de resíduos	17
3.2.1	Agentes geradores	18
3.2.2	Geração de resíduo	19
3.2.3	Serviço de coleta	19
3.2.4	Disposição final	19
3.2.5	Alternativas para gestão de resíduos sólidos na construção civil	20
3.3	Gesso	21
3.3.1	A produção do gesso	22
3.3.2	Utilização do gesso na construção civil	23
3.3.2.1	Aplicação de revestimento de gesso em pasta	24
3.3.2.2	Utilização da placa de gesso na execução de forros	26
4	METODOLOGIA	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
5.1	Levantamento do quantitativo dos resíduos de gesso	33
5.2	Proposta de plano de gerenciamento dos resíduos da construção civil	37
5.3	Alternativas de reaproveitamento dos resíduos de gesso	40
6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O gesso é um material obtido a partir da gipsita, composta de sulfato de cálcio dihidratado, onde é feito a moagem e a calcinação do minério resultando assim em um pó que possui várias aplicações na construção civil e, gera uma grande quantidade de resíduos que muitas das vezes é descartado de forma incorreta. Nesse contexto, mostra-se a necessidade de desenvolver práticas sustentáveis que são exigidas pela legislação ambiental brasileira.

Segundo a Associação Brasileira do *Drywall* (2012), uma boa gestão ambiental do canteiro de obras não tem como objetivo único o cumprimento da legislação. Em paralelo, gera qualidade e produtividade, contribuindo para a diminuição dos acidentes de trabalho, além de reduzir os custos da produção dos empreendimentos e de destinação dos resíduos. O grande benefício para o meio ambiente é a menor geração de resíduos e, conseqüentemente, o menor uso de recursos naturais.

No contexto dos resíduos da construção civil, é claro a ineficiência na utilização dos materiais. Enquanto existe uma grande quantidade de materiais armazenados no canteiro de obras, grande parte destes recursos é transformado em resíduo, mostrando assim a falta de controle e de ações para reduzir os resíduos da construção civil.

A gestão de resíduos, especificamente o gesso, é de grande importância para a construção civil, pois este material é classificado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente com um resíduo com alternativas tecnológicas. Desta forma, quando existe um gerenciamento dos resíduos o material pode ser reaproveitado. Assim, com base na atual legislação ambiental as construtoras além de fazerem um planejamento das etapas construtivas, devem também dar importância a maneira no qual os resíduos serão descartados.

Nesse contexto, este trabalho busca apresentar de forma objetiva alguns métodos de aplicação de gesso na construção civil, como revestimento com pasta de gesso em alvenarias internas, quantificando os resíduos provenientes desta prática, e buscou-se analisar um correto gerenciamento para estes resíduos, levando em consideração a legislação vigente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar as principais formas de geração de resíduos de gesso mediante as técnicas construtivas de sua aplicação em obras de auto padrão do município de Tabuleiro do Norte – CE.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar a quantidade de resíduo de gesso gerado nas construções em estudo;
- Propor um plano de gerenciamento dos resíduos gerados;
- Identificar as possíveis alternativas de reaproveitamento deste resíduo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Resíduos da construção civil

A indústria da construção civil é o setor da economia que gera maior quantidade de resíduos ao longo de toda sua cadeia produtiva. Esse fato deve-se, em parte, a grande quantidade de materiais que são colocados no canteiro de obra aliado com o mau gerenciamento dos mesmos no momento da execução dos diversos serviços.

O fato é que na construção civil grande parte do material utilizado acaba transformando-se em entulho devido à ineficiência na utilização dos materiais (SOUZA, 2005). Tais perdas normalmente têm origem associada ao processo de aplicação e transformação dos insumos ao longo da cadeia produtiva nos canteiros de obras.

Durante a execução de manutenção nas edificações identifica-se que os resíduos gerados estão associados a diversos fatores. Podem ser gerados resíduos provenientes da execução de processos de correção de patologias, reforma ou modernização, necessidade de descarte de componentes degradados os quais atingiram o final da sua vida útil. Segundo Cartaxo (2011), os resíduos representam hoje um dos maiores problemas ambientais nas áreas urbanas, onde o descarte ocorre de maneira inadequada, gerando assim uma grande quantidade de resíduos em locais indevidos, que acarretam uma série de impactos ambientais, sociais e econômicos, como os constantes alagamentos, deslizamentos, entre outros impactos negativos no meio ambiente.

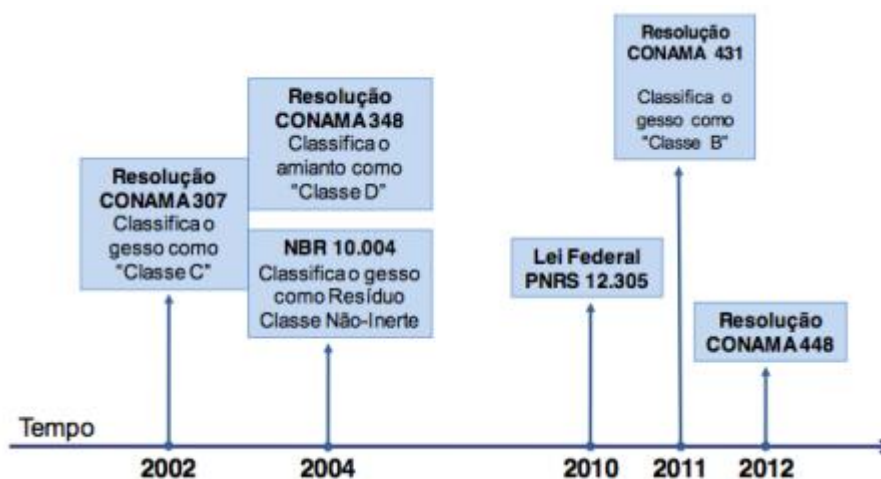
O processo acelerado de urbanização que o Brasil vive é outro fator atrelado à geração de resíduos provenientes da construção civil. Afirma-se que “As atividades construtivas e a cadeia de negócios no setor da construção avançam aceleradamente, ano após ano, constituindo atualmente um dos pilares de sustentação da estabilidade econômica do país.” (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO, 2012).

De fato, a maioria dos geradores de resíduos não realizam ações preventivas de controle dos mesmos, e executam soluções apenas corretivas para solucionar os problemas de gestão de resíduos. Nesse sentido, ligado ao contexto dos resíduos da construção civil está o conceito de construção sustentável. Devem ser

preconizadas as corretas diretrizes de gerenciamento de resíduos gerados. Assim, ressalta-se que o manejo adequado dos resíduos traz notória melhoria da qualidade de vida e dos impactos ambientais nos centros urbanos. Práticas de manejo de resíduos adotadas em algumas cidades do país apresentam resultados muito significativos em saneamento e saúde.” (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO, 2012).

Preocupados com o aumento dos resíduos sólidos da construção civil, foram criadas legislações, onde em 2002 foi feita a resolução 307 do CONAMA que classifica os resíduos e estabelece diretrizes para o correto gerenciamento. A partir disso, foram desenvolvidas outras resoluções, normas e leis para fazer com que os RCC recebam o tratamento adequado e assim evitar grandes prejuízos ao meio ambiente. A Figura 01 a seguir mostra a evolução das legislações brasileiras.

Figura 01 – Evolução das legislações brasileiras



Fonte: Kochem (2016).

3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos na construção civil

Os resíduos sólidos da construção civil são classificados de acordo com a resolução 307 de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que foi alterada pela resolução 431 de 2011, e está de acordo com as seguintes classes:

- a) Resíduos de classe A: são os possíveis de reutilização ou reciclagem para utilização como agregados.

- b) Resíduos de classe B: são aqueles que ao final do processo de reciclagem poderão ser utilizados para outras destinações, ou seja, materiais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
- c) Resíduos de classe C: são os resíduos que não possuem alternativas tecnológicas desenvolvidas ou de aplicação com viabilidade econômica permitindo a reciclagem ou recuperação desses materiais;
- d) Resíduos de classe D: são os materiais como tintas, solventes, óleos potencialmente perigosos utilizados durante os processos de construção. Podem ainda ser resíduos contaminados ou prejudiciais à saúde resultante de processos de demolição, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, materiais e objetos que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Os resíduos de classe A, possuem origens variadas. Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002), estes resíduos podem ser:

- 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, argamassa e concreto;
- c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto produzidas nos canteiros de obras.

A Resolução 307 estabelece também que depois de realizada a etapa de triagem dos resíduos, ou seja, separação e limpeza dos resíduos de outros materiais indesejáveis, os resíduos da construção civil deverão ser destinados conforme o Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002), segundo sua classe:

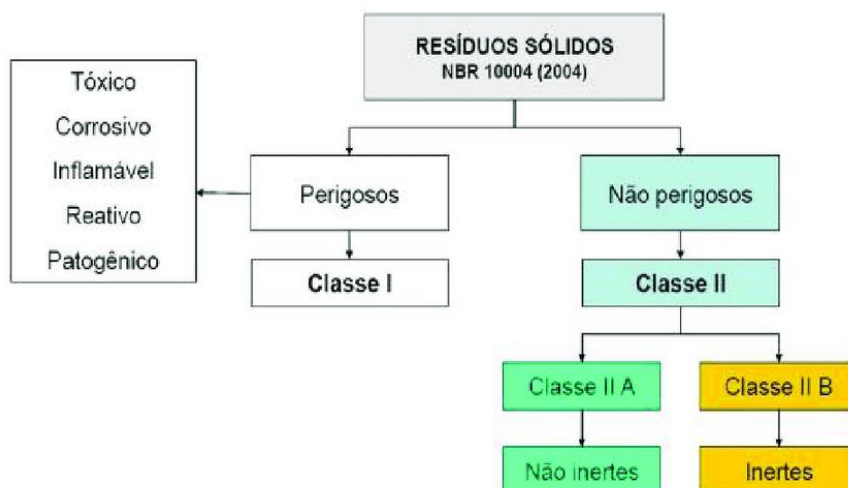
- a) Classe A: são resíduos os quais devem ser reutilizados ou reciclados para aplicação como agregados. Quando não utilizados, necessitam ser enviados a aterros de reservação próprios para resíduos de classe A para futuras aplicações;
- b) Classe B: são resíduos os quais devem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário. Nestes locais, os resíduos devem estar dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

- c) Classe C: são resíduos os quais devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
- d) Classe D: igualmente aos resíduos de classe C, devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

3.1.2 Resíduo Sólidos – Classificação (NBR 10004/2004)

A NBR 10004/2004 tem como objetivo definir os critérios para classificar os resíduos sólidos, quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e também a saúde do ser humano. A Figura 02 a seguir mostra como a NBR 10004/2004 classifica os resíduos sólidos.

Figura 02 – Classificação da NBR 10004/2004



Fonte: UFRJ (2020).

A referida norma faz a classificação a partir da identificação do processo ou atividade que deu origem ao resíduo, e também considera os componentes que o compõem. Essa classificação se dá em duas classes de resíduos: Perigosos e não perigosos. Os resíduos não perigosos se ramificam em inertes e não inertes.

Um resíduo inerte é aquele cujo material não ocorrem transformações físicas, químicas e biológicas, e mantem-se sem sofrer alterações por um longo período de tempo, como por exemplo: entulhos de demolição, sucata de ferro, pedras. Já os resíduos não inertes sofrem transformações em sua estrutura ao longo do tempo, e

apresentam propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade.

Os resíduos perigosos são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, com características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. São classificados como perigosos restos de tintas, material hospitalar, produtos químicos, lâmpadas fluorescentes, entre outros.

Feita a classificação dos resíduos, a NBR 10004/2004 atenta para o descarte. Para resíduos classificados como perigosos, como por exemplo, resíduos químicos, os mesmos devem ser diluídos, ou neutralizados, até que não apresentem mais riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Para os resíduos não perigosos, apesar de não possuírem propriedades que causem riscos à saúde humana e ao meio ambiente, devem ter o descarte correto, como por exemplo, materiais que podem ser reciclados como plástico, vidros e metais, entre outros.

3.1.3 Resolução CONAMA 307 de 2002

Com o objetivo de criar diretrizes para gestão dos resíduos da construção civil, no dia 5 de Julho de 2002 foi publicada a Resolução 307 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, a qual estabeleceu as normas e procedimentos para a correta disposição dos resíduos deste importante setor da economia. Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002), os resíduos são 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, plástico, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulho de obras, calça ou metralha.

O texto da resolução 307 apresenta uma série de ações, definições de responsabilidades e deveres devendo ser obedecidos pelos geradores de resíduos. O Conselho Nacional do Meio Ambiente por meio da resolução alerta que os geradores de resíduos devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reformas, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação dos solos.

A resolução obriga o poder público de todos os municípios, e do Distrito Federal, a implantarem os Planos Integrados de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil, para que possam ser eliminados possíveis impactos ambientais devido ao não controle dos resíduos gerados. Conforme a Resolução 307, os Planos Integrados de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil necessitam apresentar as seguintes etapas de processamento dos resíduos:

- a) Caracterização: é de responsabilidade do gerador a identificação e quantificação dos resíduos;
- b) Triagem: preferencialmente realizada pelo gerador de origem ou pode ainda ser realizada nas áreas licenciadas para destinação de resíduos, de acordo com as classes de resíduos estabelecidas;
- c) Acondicionamento: cabe ao gerador o correto armazenamento dos resíduos e, quando possível, realizar o confinamento do material assegurando as condições de reutilização e de reciclagem, previamente a etapa de transporte dos resíduos;
- d) Transporte: deve ser realizado com base nas diretrizes da resolução 307 e normas técnicas existentes em vigência para o transporte de resíduos;
- e) Destinação: os resíduos da construção deverão ser destinados as áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, de acordo com as diretrizes da resolução 307.

3.1.4 Impactos ambientais causados na construção civil

A construção civil gera impactos relevantes ao meio ambiente, isso ocorre por necessitar diretamente de recursos naturais, sendo assim um dos maiores emissores de resíduos sólidos do país, causando alterações significativas no meio ambiente.

O elevado crescimento aliado ao mau gerenciamento na execução das obras são grandes ameaças ao meio ambiente, pois demandam uma enorme quantidade de recursos naturais, causando degradação e destruição do ecossistema.

A deposição incorreta dos resíduos sólidos gerados da construção civil é alarmante para o ecossistema e à sociedade, interferindo na qualidade de vida das pessoas e causando um desequilíbrio ecológico.

As mudanças das propriedades físicas, a falta de qualidade do ar e a escassez da água, são algumas das consequências dos impactos ambientais gerados pela exploração e má deposição de recursos naturais na construção civil.

Na construção civil, o mau gerenciamento das obras virou um grande desafio para uma construção sustentável, pois os gestores ainda buscam recursos não renováveis de menor custo, assim como a utilização inadequada de materiais.

Segundo Mendonça (2010), o gerenciamento é a disciplina de definir e atingir objetivos, otimizando o uso de recursos como tempo, dinheiro, pessoas, materiais, energia e espaço.

Um bom gerenciador na construção civil é aquele que exige que os construtores saibam seguir o planejamento à risca, não havendo orçamentos muito superiores do que o planejado, não havendo substituição de materiais de construção por materiais alternativos e respeitando o prazo determinado para execução da obra.

3.2 Gestão de resíduos

Segundo a ABRELPE (2018), no Brasil em 2018 foram coletados mais de 44 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição pelos municípios. É necessário preocupar-se com valores como esse, já que contabilizaram apenas resíduos coletados pelos municípios, onde é uma pequena amostra, então deve-se atentar para a geração e responsabilidade de coleta e destinação final dos grandes geradores.

Para diminuir os resíduos gerados na construção civil, e consequentemente os impactos causados, é necessário a implantação de um gerenciamento dos RCC's. Para essa aplicação, utiliza-se o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) como ferramenta.

O processo inicia com o planejamento, onde é feita a caracterização e estimativa dos resíduos que serão gerados na obra. A partir disso, muito importante que se estude possibilidades de reutilizar os resíduos e realizar a disposição apenas quando necessário. Após conhecer os resíduos e quantificar, é preciso estudar as formas de acondicionamento e onde serão dispostos, sempre pensando na logística das atividades. A Figura 03 mostra as etapas do PGRCC.

Figura 03 – Etapas do PGRCC



Fonte: Secretaria do meio ambiente de São Paulo (2010).

Para isso, é indicado que todos os funcionários passem por treinamento, visando o não desperdício e que os resíduos sejam dispostos corretamente.

Para otimizar o serviço, é ideal realizar a triagem na origem dos resíduos. Após o fim da jornada de trabalho, o responsável por realizar a segregação tem o objetivo de potencializar a reutilização ou reciclagem, e o acondicionamento adequado, e posteriormente, é realizado a destinação correta do material.

3.2.1 Agentes geradores

Os resíduos surgem em sua maioria pela perda de materiais durante o processo executivo, seja pela falta de preparo técnico para a mão de obra, ou pela baixa qualidade dos materiais empregados na construção, ocasionando perdas já no recebimento desse material. Ocorrem perdas também no transporte e armazenamentos dos materiais.

3.2.2 Geração de resíduo

Um dos fatores que motiva a geração de resíduos é o nível tecnológico das construções, que geralmente reflete o nível tecnológico da região, como mão de obra qualificada, qualidade das matérias primas locais, procedimentos modernos do controle do processo de produção e disponibilidade de maquinários atuais e calibrados. (Cabral e Moreira, 2011).

3.2.3 Serviço de coleta

Após a geração dos resíduos e o acondicionamento, é necessário atentar-se para a forma como os resíduos serão coletados no canteiro. A coleta interna pode ser realizada utilizando meios convencionais e disponíveis no canteiro de obras. Para o transporte horizontal, podem ser utilizados: carrinhos de mão, transporte manual, entre outros. Já para o transporte vertical podem ser usados: grua, elevador de carga, etc. É necessário que durante o planejamento do canteiro exista a preocupação com a movimentação dos resíduos para que no futuro não haja problemas com relação ao fluxo, gerando assim prejuízos em vários aspectos.

3.2.4 Disposição final

Os resíduos da construção devem ser destinados de acordo com a classificação da resolução CONAMA Nº 307, já descrita neste trabalho no item 3.1.1. É necessário que os transportadores possuam licença ambiental para realizarem o trabalho de forma segura, e sigam as normas técnicas para uma disposição adequada. Algumas normas são as seguintes:

- NBR 8.419/1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
- NBR 12.235/1992 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.
- NBR 13.463/1997 – Coleta de resíduos sólidos.
- NBR 15.112/2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e Operação.

- NBR 15.113/2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- NBR 15.114/2004 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

3.2.5 Alternativas para gestão de resíduos sólidos na construção civil

É muito evidente a importância da gestão correta de resíduos da construção civil. Devido as vantagens econômicas os geradores e gerenciadores buscam conhecimentos suficientemente importantes para com a gestão dos resíduos gerados. Portanto ao tomar essa decisão é necessário saber qual será o primeiro passo para o gerenciamento adequado desses resíduos, e como será realizado esse processo.

O ponto inicial para uma boa gestão dos materiais é ter ciência de que esse processo tem parte desde a elaboração do projeto, isto é, passar a projetar pensando na desconstrução, visando o uso de materiais que podem ser reutilizados e reaproveitados futuramente, criando um plano de gerenciamento desses materiais.

Segundo Keeler (2010), para promover boas práticas de construção, os empreiteiros geralmente precisam elaborar um plano de gerenciamento do lixo da obra. Planos assim informam antes da construção como os empreiteiros pretendem lidar com os dejetos da construção.

Tendo como princípio criação de um projeto sustentável, pode-se utilizar métodos de divisão dos materiais na própria obra, sendo essas divisões em até quatro tipos de resíduos, como: entulho, madeiras, embalagens e solos, ajudando o processo de triagem e destinação dos materiais. Aplicando esse método em todo o resíduo da construção poderá ser redirecionado a centrais especializadas de triagem e recuperação desses materiais, se possível.

Também é importante salientar que os geradores de resíduos devem escolher o local adequado para a destinação do material que será gerado na obra. Bem como identificar a quantidade média de resíduos que poderá ser gerado, evitando um maior desperdício dos materiais.

3.3 Gesso

O gesso é um sulfato de cálcio dihidratado representado pela fórmula química $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, onde é encontrado na composição mineralógica de um tipo particular de rocha sedimentar, o gipso. A rocha também pode ser conhecida como evaporito, devido o minério gipsita se originar por evaporação de sua fase líquida em bacias sedimentares, como mostra a Figura 04 a seguir.

Figura 04 – Bacia sedimentar de mineração de gipso



Fonte: Master ambiental (2014).

Os principais depósitos de gipsita do território brasileiro estão concentrados nas regiões Norte e Nordeste do país, sendo que aproximadamente 60% das reservas se localizam no estado do Pará, 30% no estado no Pernambuco e o restante dos depósitos se distribuem nos estados do Maranhão, Rio Grande do Norte, Piauí, Tocantins e Ceará. A bacia com maior potencial econômico é a do Araripe, onde está localizada entre os Estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, devido a gipsita ser encontrada em camadas próximas umas às outras.

Segundo Lyra (2001), a composição estequiométrica média da gipsita apresenta-se dividida entre 32,5% de óxido de cálcio (CaO), 46,6% de trióxido de enxofre (SO_3) e 20,9% de água (H_2O). A gipsita usada para produzir o gesso é, geralmente, associada a anidrita, um tipo de sulfato de cálcio anidro CaSO_4 de pouca expressão econômica, todavia também são encontradas quantidades de calcita, dolomita, halita, enxofre, quartzo e argilas. Lyra Sobrinho et al. (2001, p. 1) indicam que a gipsita é “[...] um mineral muito pouco resistente que, sob a ação do

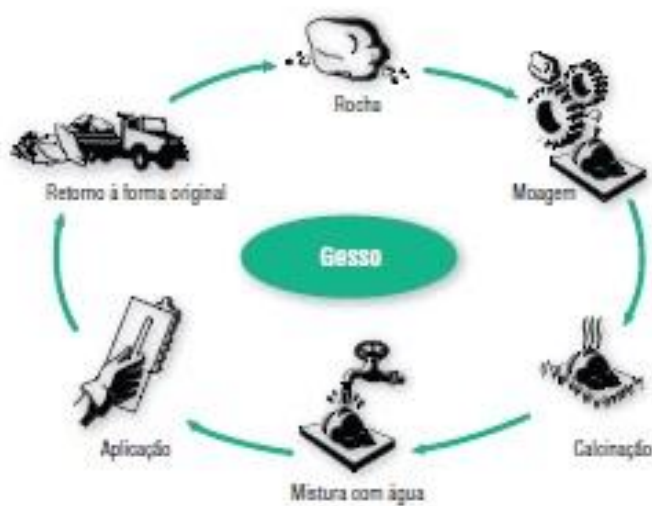
calor (em torno de 160°C), desidrata-se parcialmente, originando um semi-hidrato conhecido comercialmente como gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). ". As rochas gipsíferas normalmente apresentam as seguintes características: granulação que varia entre fina e média, grãos com tons claros de amarelo e marrom.

As propriedades do gesso variam de acordo com a proporção das diferentes fases do sulfato do gesso, e também com o teor de impurezas. Porém vale salientar que, no Brasil o teor de impurezas não ultrapassa 30%, mostrando assim um elevado grau de pureza.

3.3.1 A produção do gesso

Uma vez feita a extração do minério, os procedimentos subsequentes são britagem, moagem grossa do material e estocagem. Para alguns autores, existe a necessidade de fazer a secagem, pois a umidade do mineral extraído pode chegar até 10%, para em seguida realizar a calcinação, moagem fina e ensilagem. A Figura 05 a seguir mostra o ciclo descrito acima resumidamente.

Figura 05 – Ciclo da produção do gesso



Fonte: UFSC (2012).

Calcinação é uma reação cuja o mineral de fórmula $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (sulfato de cálcio bi-hidratado) perde uma molécula e meia de água, transformando-se em gesso, cuja fórmula é $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (sulfato de cálcio semi-hidratado). No processo de calcinação, também são separadas da gipsita as impurezas

normalmente associadas ao minério, como sal gema e calcários, entre outras. De acordo com a velocidade do processo, a decomposição da gipsita pode resultar em gesso alfa, com cristais grandes e regulares, ou gesso beta, com cristais pequenos e irregulares.

Na etapa de ensilagem acontece o armazenamento do material. A estocagem dos silos auxilia na homogeneização, além de manter estável o gesso em processo de fabricação, aumentando a qualidade do produto final.

3.3.2 Utilização do gesso na construção civil

Ao longo dos anos são incorporados novos materiais e técnicas construtivas na construção civil. Com isso, vários materiais vão ganhando espaço e tornam-se alternativas mais utilizáveis. Dentre os ligantes inorgânicos disponíveis no mercado, o gesso, amplamente usado na Europa há anos, ganha destaque no mercado brasileiro. Embora seja utilizado em escala menor comparada ao cimento, a aplicação do gesso na sua forma de pasta é uma alternativa usada em revestimentos interno de edificações. Segundo John e Cincotto (2007), a aplicação nacional do gesso está voltada para revestimentos de alvenaria, componentes como blocos, painéis para forros e divisórias.

Por sua particularidade de endurecimento rápido, o gesso se torna uma alternativa que dar maior velocidade na execução e, consequentemente, aumenta a produtividade dos serviços.

Outro importante fator do gesso que acaba gerando economia de combustível o que, consequentemente, auxilia na preservação do meio ambiente, é a sua baixa temperatura de processamento quando comparada a de outros ligantes como o clínquer Portland.

Por possuir características como endurecimento rápido e não retração por secagem, o gesso se tornou uma alternativa ágil e econômica. Devido a sua versatilidade, as diferentes aplicações do gesso, aumentaram desde a ampliação do mercado de gesso no Brasil.

Contudo, apesar de ser um material de grandes vantagens, existem algumas características que limitam o seu emprego. O gesso possui elevado grau de solubilidade restringindo sua aplicação aos ambientes internos e secos, e, quando

exposto a ambientes com umidade excessiva ou com ventilação limitada podem ocasionar o crescimento de bolor.

3.3.2.1 Aplicação de revestimento de gesso em pasta

O revestimento interno de paredes e tetos é uma das principais aplicações de gesso na construção civil. Segundo John e Cincotto (2007), o revestimento com pasta de gesso oferece uma superfície lisa e que facilmente é coberta por tinta. A aplicação da pasta de gesso pode substituir o chapisco, emboço, reboco e massa corrida, quando feito de forma correta e em boas condições. No Brasil, os métodos usuais de aplicação da pasta de gesso são o revestimento desempenado e o sarrafeado. Entretanto, vale salientar que as aplicações da pasta de gesso podem gerar uma grande quantidade de resíduos, se feito de forma não planejada. A Figura 06 mostra o acabamento da pasta de gesso.

Figura 06 – Acabamento da pasta de gesso



Fonte: J&R gesso (2021)

O revestimento desempenado consiste na mistura de um saco de gesso de 40 Kg com quantidades médias de 36 a 40 L de água. O gesso em pó é lançado uniformemente sobre todo o recipiente que contém água. Yazigi (2010) afirmar que “Após o período de embebição, cerca de 15 min, a pasta estará pronta para homogeneização. O tempo de pega é de 30 min a 35 min, Nunca remisturar a pasta”. O gesso em pasta deve ter sua aplicação iniciada pelo teto, e posteriormente, aplicado na metade superior das paredes. Após isso, procede-se a

aplicação de gesso na parte inferior das paredes. A Figura 07 mostra etapas de aplicação de pasta de gesso no revestimento desempenado.

Figura 07 – Etapas de aplicação de revestimento desempenado



Fonte: QUINALIA (2005).

Para que o revestimento seja feito corretamente, é preciso que o operário utilize as ferramentas adequadas para execução do serviço, que, conforme Dias e Cincotto (1995) são:

- a) Desempenadeira de PVC;
- b) Desempenadeira de aço;
- c) Espátula;
- d) Régua de alumínio;
- e) Cantoneira de alumínio.

Em alguns casos, pode-se ser necessário utilizar ferramentas como martelo, marreta de 1 Kg, talhadeira e linha para nivelar. Yazigi (2010) explica como funciona as etapas de aplicação de gesso em pasta para revestimento desempenado da seguinte forma: “A pasta de gesso é colocada sobre a desempenadeira de PVC, com a ajuda de colher de pedreiro. É necessário pressionar e deslizar a desempenadeira sobre a superfície, para que ocorra a aderência inicial da pasta, em faixas determinadas pela largura da desempenadeira. O deslizamento deve ser realizado de baixo para cima nas paredes, e em movimento vai e vem no teto. Para

regularizar a espessura da camada, é preciso muda a direção da desempenadeira, girando-a até 90°, enquanto feita a aplicação da pasta. Cada faixa tem de ser iniciada com uma pequena superposição sobre a faixa anterior, sendo que a espessura da camada precisa está entre 1 mm a 3 mm. Deve-se aplicar a pasta em até quatro camadas. Após o endurecimento do revestimento, aplicar, com colher de pedreiro a desempenadeira de aço, a pasta nos vazios e imperfeições da superfície, a fim de eliminar ondulações e rebarbas. Realizar o acabamento da superfície com a aplicação de uma camada de 1 mm a 10 mm de espessura em pasta fluída, utilizando desempenadeira de aço e aplicando certa pressão. Após executar o revestimento como descrito, deve-se limpar a área de trabalho. Aguardar de uma a duas semanas a secagem do revestimento para iniciar os serviços de pintura. “

Geralmente, a aplicação do gesso corrido não ocorre sob a fiscalização de algum responsável técnico e consequentemente, a qualidade final do revestimento é em função do gesseiro nos casos em que a alvenaria é devidamente aprumada e livre de irregularidades.

Já o revestimento sarrafeado é aplicado com o auxílio da execução de faixas mestras para que a superfície final seja perfeitamente plana. As mestras são executadas com argamassa industrializadas aplicada entre as taliscas. Feitas as faixas mestras, procede-se à execução do revestimento da seguinte forma: “Deve-se aplicar posteriormente pasta de gesso entre as mestras. Após concluído o espalhamento dela e antes da pega está muito avançada, é preciso fazer o sarrafeamento com régua de alumínio, cortando os excessos de pastas. Depois do endurecimento do revestimento, aplica-se pasta nos vazios e imperfeições na superfície, com o objetivo de eliminar ondulações e rebarbas. ”

No mercado da construção civil também existe um sistema chamado de gesso projetado, no qual o gesso é projetado entre as faixas mestras com o auxílio de máquina de projeção, prosseguindo o processo como revestimento sarrafeado convencional. A vantagem da projeção mecanizada é a possibilidade do aumento da produtividade do serviço.

3.3.2.2 Utilização da placa de gesso na execução de forros

Dentre as inúmeras aplicações do gesso na construção civil, na Figura 08 a seguir é possível ver as placas de gesso que são utilizadas para execução de forros

suspensos em ambientes internos, que tradicionalmente possuem dimensões de 0,60cm x 0,60 cm. O sistema é muito empregado em edificações residenciais e comerciais para cobrir instalações hidráulicas e elétricas, e também para decorações diferenciadas, tornando assim um ambiente mais bonito.

Figura 08 – Execução de forro de gesso



Fonte: Autoria própria (2021).

A fixação das placas de gesso é através de arames de aço galvanizado que são fixados diretamente na placa e na laje, por exemplo. Após a fixação de todas as placas, é feito o rejuntamento com pasta de gesso, onde é preenchida todos os espaços entre as placas.

Segundo Silva (2009), para que a instalação seja feita de forma correta, deve-se estar atento ao que está sendo solicitado no projeto, isto é, é necessário a verificação do posicionamento das instalações elétricas e hidráulicas e de outros elementos construtivos. A partir disso, são definidas as seguintes etapas de instalação de placas de gesso.

- a) Análise da modulação das placas, utilizando-se o maior número de placas inteiras possíveis;
- b) Marcação do nível da face inferior da placa que ficará instalado o forro com base na referência de nível do piso pronto;
- c) Identificação dos pontos onde o forro será fixado;

- d) Fixação da borda perimetral, normalmente conhecida como negativo;
- e) Fixação das placas através dos pendurais;
- f) Rejuntamento das juntas entre as placas.
- g) Limpeza.

4 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de coletar informações acerca do assunto a ser trabalhado ao longo de todo o desenvolvimento desse estudo. Durante esta etapa foi estudado sobre o gesso e suas distintas formas de aplicação, a classificação dos resíduos segundo as resoluções cabíveis, a importância da sistematização da gestão dos resíduos em uma obra, entre os demais temas relacionados aos resíduos sólidos.

O estudo de caso foi realizado em duas obras localizadas na cidade de Tabuleiro do Norte – CE. A obra A (Figura 09), como foi nomeada nesse estudo, trata-se de uma obra residencial de dois pavimentos e uma área total construída de 502,99 m². E a obra B (Figura 10), também residencial de dois pavimentos, possui uma área construída de 224,72 m². Ambas as residências são classificadas como obras de alto padrão, construídas de blocos cerâmicos e revestidas internamente com gesso. O revestimento foi o objeto de estudo da caracterização do consumo e da estimativa de resíduos gerados por metro quadrado revestido. Foi feito um acompanhamento diário durante a execução dos serviços. As Figuras 09 e 10 a seguir mostram ambas as obras.

Figura 09 – Obra A



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 10 – Obra B



Fonte: Autoria própria (2021).

O primeiro passo para a coleta de dados foi quantificar o quanto que um saco de gesso de 40 kg rendia em m² de revestimento, onde foi feito um cálculo dividindo a quantidade de gesso utilizada, em quilogramas, pela área executada, como mostra a equação seguinte:

$$\text{Índices} = \frac{\text{Gesso (Kg)}}{\text{Área executada}}$$

Como os índices reais em ambas as obras foram superiores ao estimado pela empresa, foram feitos cálculos para quantificar os custos reais e estimados, baseados nos valores da Tabela 027.1 da SEINFRA, como mostra na Figura 11 a seguir.

Figura 11 – Tabela SEINFRA

 GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria da Infraestrutura		Tabela de Preço de Insumos / Serviços Tabela 027.1 - ENC. SOCIAIS 83,85%		Data de Emissão: 22/03/2021 15:28	
I0110	AREIA QUARTZOSA FINA (FILLER P/COMP.5) O.BAUMGART	KG	3,66		
I0111	AREIA VERMELHA	M3	60,88		
I0112	ARENOSO	M3	68,82		
I0190	BARITA (ARGAMASSA BARITADA)	KG	1,76		
I0280	BRITA	M3	76,19		
I0441	CAL HIDRATADA	KG	1,10		
I0442	CAL VIRGEM EM PO	KG	0,69		
I0799	CIMENTO BRANCO	KG	3,28		
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	0,56		
I7954	CIMENTO PORTLAND À GRANEL	KG	0,50		
I2570	FILLER (PO CALCÁREO)	KG	0,18		
I1221	GESSO	KG	0,44		
I1600	PEDRA DE MÃO (RACHÃO)	M3	66,06		
I1605	PEDRISCO	M3	73,90		
I1684	PO DE MARMORE	KG	0,33		
I2403	PO DE PEDRA	M3	60,46		
I1854	SEIXO ROLADO	M3	82,33		
ALUGUEL DIVERSOS					
Insumo	Descrição	Unidade	Valor (R\$)		
I0068	ANDAIME METÁLICO DE FACHADA - LOCAÇÃO	M2	1,81		
I7947	ANDAIME METÁLICO DE ENCAIXE - LOCAÇÃO	M3xMÊS	2,29		

Fonte: SEINFRA (2021).

Já para quantificar os resíduos gerados foi através do cálculo do volume de um recipiente onde os mesmos eram colocados, que tinha um raio de 0,30 m e altura de 0,85 m, resultando assim em uma área de 0,28 m² e um volume de 0,24 m³. Neste estudo, estão abordadas as perdas totais que ocorrem nas obras.

Após quantificar o volume de resíduos gerados, foi estudando um plano para o gerenciamento dos resíduos, pois na empresa não existe este plano desta natureza, para que os mesmos possam ser coletados e descartados de maneira correta, como prevê o Conselho Nacional do Meio Ambiente, evitando prejuízos futuros ao meio ambiente. E para finalizar o estudo, foi feito algumas propostas de formas de reaproveitamento do resíduo gerado com base em trabalhos científicos que apontam para o reaproveitamento destes resíduos. A Figura 12 a seguir mostra u fluxograma que resume os procedimentos feitos nesse trabalho.

Figura 12 – Procedimentos feitos no estudo.



Fonte: Autoria própria (2021).

5 RESULTADOS E DISCURSÕES

5.1 Levantamento do quantitativo dos resíduos de gesso

A empresa alfa foi responsável pela execução dos serviços de revestimento com pasta de gesso de todas as alvenarias internas em ambas as obras visando garantir um bom acabamento da superfície das paredes. A área a ser revestida para a obra A foi de 520,00 m², e a da obra B, foi de 272,00 m². A Figura 13 a seguir mostra a execução do revestimento nas obras citadas.

Figura 13 – Execução do revestimento de alvenarias internas na obra A



Fonte: Autoria própria (2021).

A empresa responsável pela realização dos serviços estima um índice de uso de gesso por metro quadrado de revestimento no valor de 3,50 kg/m², esse é o índice médio de consumo em suas obras. Sendo assim, um saco de gesso comercial de 40 kg consegue abranger uma área revestida de aproximadamente 11,50 m². No entanto, para esse trabalho foi feito um estudo para verificar as quantidades de gesso consumidas em cada obra por metro quadrado de revestimento, onde foi realizado um acompanhamento na execução do serviço e foi calculado a área executada e a quantidade de gesso usada, dessa forma, o resultado obtido para a

obra A foi um índice de 5,00 kg/m² e para a obra B 4,10 kg/m². Na Tabela 01 mostra a diferença entre o consumo de gesso real e o estimado pela empresa para as obras.

Tabela 01 – Consumo estimado x consumo real

Obra	Área de gesso (m ²)	Índice estimado (Kg/m ²)	Quantidade de gesso estimada (Sacos)	Índice real (Kg/m ²)	Quantidade de gesso real (Sacos)	Diferença entre o real e o estimado (sacos)	Gesso usado a mais (%)
A	520,00	3,50	45,50	5,00	65	19,50	42,80
B	272,00	3,50	23,80	4,10	27,90	4,10	17,10

Fonte: Autoria própria (2021),

Essa divergência entre o consumo estimado e o real gera um impacto financeiro para a empresa, com isso foi calculado o custo estimado e comparado com o custo real das obras. Para o cálculo dos custos foi aplicado os valores com base na tabela 027.1 da SEINFRA nas datas de 23 de Março de 2021 para ambas as obras. Os valores estão apresentados na Tabela 02 a seguir.

Tabela 02 – Custo estimado x custo real

Obra	Valor do saco de gesso (R\$)	Mão de obra (R\$/m ²)	Orçamento estimado total (R\$)	Orçamento real total (R\$)
A	17,60	7,00	4.440,80	4.784,00
B	17,60	7,00	2.322,88	2.395,04

Fonte: Autoria própria (2021).

Quanto a quantidade de resíduo gerado, foi feito um cálculo para descobrir o índice de resíduo gerado fazendo-se a divisão do total de resíduo gerado pela área executada, obtendo assim um índice em m³/m². O resíduo total foi quantificado através do cálculo do volume de um recipiente onde o mesmo era colocado. Para a obra A o índice de resíduo gerado foi de 0,0021 m³/m², já na obra B é de 0,0019 m³/m², índices bem próximos dos encontrados na literatura. Após a descoberta dos

índices foi pesquisado a densidade aparente do resíduo de gesso, e segundo Borges (2015) o valor é de aproximadamente 818,44 kg por m³ de resíduo. Sendo assim para a obra A, foi encontrado um valor de 1,72 kg/m² de revestimento, e na obra B 1,55 kg de resíduo de gesso/m². Na Tabela 03 mostra o resumo dos valores mencionados acima.

Tabela 03 – Quantidade de resíduo gerada

Obra	Área executada (m²)	Resíduo gerado (m³)	Resíduo (m³/m²)	Resíduo (Kg/m²)
A	520,00	1,07	0,0021	1,72
B	272,00	0,54	0,0019	1,55

Fonte: Autoria própria (2021).

As Figuras 14, 15 e 16 mostra parte dos resíduos gerados dos serviços e os recipientes usados para fazer as medições dos volumes.

Figura 14 – Resíduos gerados na execução do revestimento de gesso na obra A



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 15 – Resíduos gerados na execução do revestimento de gesso na obra B



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 16 – Recipiente usado para medir o volume de resíduos



Fonte: Autoria própria (2021).

5.2 Proposta de plano de gerenciamento dos resíduos da construção civil

A empresa alfa foi consultada sobre o modelo de plano de gerenciamento dos resíduos que era adotado, e foi notificado que a mesma não possuía nenhuma atividade de avaliação, controle ou segregação dos resíduos e que sua mão de obra não recebia nenhum treinamento para esta atividade. A Figura 17 a seguir mostra a destinação dos resíduos feita pela empresa contratada, o destino final dos resíduos é em área livres no entorno da cidade, promovendo poluição ambiental.

Figura 17 – Destinação realizada pela empresa



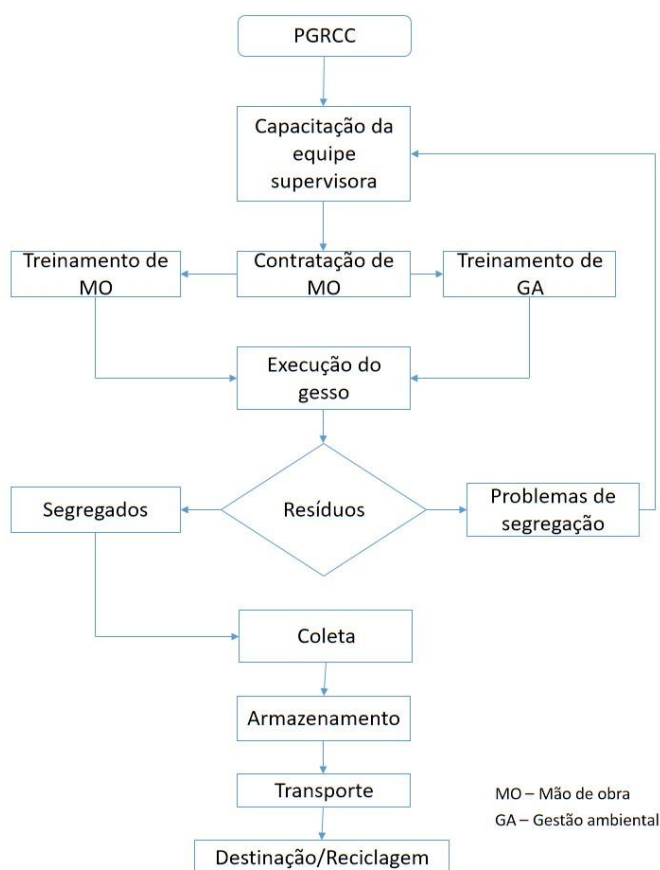
Fonte: Autoria própria (2021).

Observa-se que não é feito nenhum procedimento de segregação dos resíduos nem é feito a destinação correta, tendo assim o mesmo misturado com vários outros materiais que podem afetar a suas propriedades e impossibilitar o reaproveitamento do resíduo, e além disso, gerar graves problemas ambientais.

Com essa preocupação, foi feito nesse estudo uma proposta de Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil que irá auxiliar a empresa no controle dos resíduos gerados em suas obras, e dar a mesma, alternativa para o descarte correto de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente. A Figura 18

a seguir mostra a proposta de PGRCC desenvolvida nesse trabalho para a empresa consultada.

Figura 18 – Proposta de PGRCC



Fonte: Autoria própria (2021).

A proposta desenvolvida nesse trabalho parte do princípio da capacitação da equipe técnica responsável da empresa, onde a mesma deve possuir o conhecimento necessário para tomar decisões devidamente corretas para melhorar a produtividade, e instruir a sua equipe a agir de acordo com as legislações ambientais.

Após a contratação da mão de obra especializada deve-se realizar palestras com todos os colaboradores abordando os seguintes tópicos: identificação, destinação, gerenciamento, técnicas de separação dos RCC's, técnicas de execução e procedimento da obra, fazendo com que toda a equipe tenha conhecimento do processo, buscando assim potencializar a reciclagem e minimizar ao máximo a produção de rejeitos.

Segundo o Art.4º da resolução 307/2002 do CONAMA, p.04, "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".

Triagem na origem dos resíduos, para isso podem ser feitas pilhas próximas aos locais de geração e depois serão transportadas para o local de acondicionamento. Após o fim de uma jornada de trabalho ou término de serviço, uma pessoa é responsável por realizar a segregação, com o objetivo de potencializar a reutilização ou reciclagem, e o acondicionamento. Essa pessoa deverá passar por treinamentos para conhecer a classificação dos resíduos, como segregá-los e acondicioná-los (LIMA; LIMA, 2010).

A resolução CONAMA 307/2002 estabelece que os resíduos de gesso, pertencentes a classe B, devem ser destinados para áreas de transbordo e triagem, de acordo com as diretrizes descritas no item 3.1.1. deste trabalho. A seguir é mostrado algumas normas que também devem ser consultadas.

- NBR 8.419/1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos;
- NBR 12.235/1992 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos;
- NBR 13463/1997 – Coleta de resíduos sólidos;
- NBR 15.112/2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e Operação;
- NBR 15.113/2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.114/2004 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

No entanto, de acordo com Pucci (2006), muitas normas técnicas estão sendo revisadas e outras ainda estão sendo elaborados, pois não havia nenhuma norma específica anteriormente, como a relativa à destinação de gesso e seus subprodutos.

É importante também que sejam feitas reuniões mensais para ensinar a equipe a nova política de gerenciamento de resíduos com discussões sobre as dificuldades encontradas no gerenciamento, buscando solucioná-las.

É proposto o uso de retardadores de pega para minimizar os desperdícios e, conseqüentemente, o volume de resíduos gerados, visto que o rápido tempo de pega gera grandes perdas.

Após a aplicação do PGRCC é essencial o acompanhamento da quantidade de resíduos gerados nas obras seguintes, fazendo esse acompanhamento é possível verificar a eficiência e pontos a melhorar no plano proposto, criar gráficos que mostrem a evolução da equipe referente a minimização de geração de resíduos e melhora dos índices de eficiência, para que a equipe possa verificar a sua evolução e desempenhar a cada dia uma mão de obra melhor. Podem ser criadas metas dentro da empresa para caso venham ser alcançadas as equipes possam ser beneficiadas.

5.3 Alternativas de reaproveitamento dos resíduos de gesso

Pesquisas na área de reciclagem de resíduo de gesso ainda são escassas quando comparada com outros materiais, porém vem sendo desenvolvidas após a resolução 431 do CONAMA de 2011 que classificou o resíduo de gesso como de classe B, sendo assim um material potencialmente reciclável.

Segundo John e Cincotto (2003), a segregação do resíduo de gesso no momento da geração e o controle de sua contaminação nas etapas de estoque e transporte são condição para tornar a reciclagem possível. Este tipo de medida depende da conscientização das empresas especialistas em gesso, construtores, engenheiros e operários.

Fatores como o custo do processamento, quantidade de resíduos disponíveis e ações de gerenciamento dos resíduos contribuem para a viabilidade de reaproveitamento dos resíduos de gesso.

Uma das aplicações do resíduo de gesso é no processo de fabricação do cimento, em substituição da gipsita que é adicionada em pequenas quantidades, aproximadamente 5% em relação a massa do clínquer, para que o tempo de pega do cimento seja retardado, viabilizando assim a sua utilização. John e Cincotto (2003) observaram que apesar da poderem ser adicionada ao cimento na etapa de

moagem do clínquer, é necessário de elevada pureza do resíduo para que esse gere efeito de controle da pega.

Segundo a Associação Brasileira do Drywall (2012), existem aplicações do resíduo de gesso na agricultura como efeito fertilizante, corretivo de solos sódicos, condicionador de subsuperfície e esterco.

A interação do gesso com o solo acontece de diferentes formas e varia de acordo com o teor de matéria orgânica e natureza mineralógica da fração argila. A adsorção de sulfato é uma das principais interações entre o gesso e o solo, ocorrendo de forma mais acentuada em profundidade no perfil do solo, principalmente em solos brasileiros com quantidades elevadas de óxidos ou solos intemperados.

As diversas formas de utilização do gesso na agricultura se executadas de forma adequada não oferecem perigo de perda de nutrientes por lixiviação. Segundo Raji (2008), existem dados experimentais que evidenciam as seguintes aplicações do gesso na agricultura do milho, cana-de-açúcar e soja:

- Milho: melhora o enraizamento no solo, aumentando a absorção de água e nitrogênio nítrico;
- Cana-de-açúcar: combinação de aplicação de doses de calcário e gesso aumentando a produtividade da cultura;
- Soja: a gessagem aplicada em conjunto com a calagem melhoram a produtividade.

Segundo Amorim (2006), na atualidade o gesso é o material que mais gera resíduos sólidos. Tendo em vista gerar racionalização nas obras e preservar os polos de gipsita, foi desenvolvida a confecção de tijolos sustentáveis para fazer a reutilização do gesso para a alvenaria. A Figura 19 a seguir mostra os blocos.

Figura 19 – Tijolos sustentáveis



Fonte: Amorim (2006).

O tijolo confeccionado é baseado no tijolo solo-cimento, pois diferente do bloco cerâmico convencional ele não faz uso de queima para a sua solidificação eliminando os fornos das olarias e a emissão de CO₂. Gerando, portanto, a redução significativa nas toneladas de dejetos que são descartadas cotidianamente. (KOCHER, 2016; ALBUQUERQUE, 2007)

Estudos demonstraram que os tijolos de gesso podem ser plenamente viáveis, mantendo as características físicas e mecânicas do gesso convencional, fazendo-o voltar para o canteiro de obras de forma reciclável e consciente, com a grande vantagem de todo o processo da fabricação não gerar dióxido de carbono.

Segundo Savi (2012), existem diferenças entre as pastas feitas com gesso comercial e reciclado. As pastas de gesso comercial são menos trabalháveis do que as de gesso reciclável, apresentando um aspecto líquido, enquanto as pastas de gesso reciclado possuem uma consistência pastosa. Esse fato se deve ao fator água/gesso.

Iwasaki e Camarini (2011) fizeram estudos com gesso reciclado e concluíram que as pastas apresentaram maiores valores de resistência à tração, compressão e dureza superficial quando comparado com as pastas de gesso comercial.

Medina et al. (2016) utilizaram o resíduo de gesso para fabricar cimento sustentável, comprovando a viabilidade de incorporar resíduos de gesso calcinados à 170°C à composição do cimento. Os autores destacaram que a esta temperatura as áreas dos poros são reduzidas, obtendo assim melhores resultados em composições de cimento que levavam 4% de resíduos de gesso.

Para Kocher (2016) a reutilização do resíduo de gesso é necessária devido ao grande volume de resíduos gerados, porém esta prática no Brasil ainda não é muito

utilizada. Esse fato é devido ao baixo custo da matéria-prima (Gipsita), dificultando a reciclagem do produto, e também por haver poucos locais de coleta e triagem para o resíduo de gesso.

Segundo Munhoz (2008) existem outras formas de utilizar os resíduos de gesso, como: na construção civil como fabricação de pré-moldados de gesso, na agricultura para controle do pH do solo, controle de estábulos, secagem lodo de esgoto, entre outras.

6 CONCLUSÃO

Contudo, este estudo mostrou a enorme quantidade de resíduos de gesso que é gerado dentro das obras, enfatizando os impactos causados no meio ambiente devido o descarte incorreto. Ressaltou-se que é possível reduzir esse volume através de medidas preventivas de controle na execução dos serviços e treinamento da mão de obra, buscando sempre potencializar a reciclagem.

O trabalho destaca que a empresa consultada não possui nenhum plano de gerenciamento de resíduos em vigor, sendo assim, o estudo propôs um PGRCC onde sugere que seja feito a segregação dos resíduos de gesso de outros materiais, o armazenamento adequado e a disposição correta do mesmo, como é exigido pelas legislações vigentes.

Foram realizadas pesquisas que comprovam a viabilidade de reutilizar o resíduo de gesso na fabricação do cimento, em substituição da gipsita, na fabricação de tijolos ecológicos, e na agricultura, se tornando uma alternativa viável para o plantio principalmente para agricultores de assentamento rurais da agricultura familiar, de lavouras de subsistência e, quiçá, lavouras comerciais.

Assim, a gestão dos resíduos de gesso na construção é de grande importância, tendo-se em vista as consequências ambientais e financeiras geradas pelo não gerenciamento dos mesmos. É dever das empresas administrar esses resíduos para que eles não possam causar danos, mas possam ser reutilizados em outras áreas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019. BRAGA JUNIOR, S. S.; PINHEIRO, L. R. D.

ALBUQUERQUE, Leandro Queiroz Corrêa, et al. **Resistência a compressão de tijolos de solo-cimento fabricados com o montículo do cupim**. Lavras – MG: Editora da Universidade Federal de Lavras (UFLA), (2008) Ciência e Agrotecnologia. p. 553-560, v. 32, n. 2, 2007. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542008000200032>. Acesso em: 11/05/2021.

AMORIM, Wesley de Oliveira. SOUZA, Elaine Moura de. FERNANDES, Carlos Eduardo. **Reutilização do resíduo de gesso para produção de tijolos de gesso sustentáveis: Na construção civil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 02, Vol. 08, pp. 59-81.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Resíduos de gesso na construção civil: coleta, armazenagem e reciclagem**. São Paulo, 2012.

BORGES, Kelry V. **Densidade aparente dos resíduos da construção civil em Belo Horizonte – MG**. VI Congresso Brasileiro de gestão Ambiental. Porto Alegre, RS, 2015.

CABRAL, Antonio E. b; Moreira, Kelvya M. V. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Programa Qualidade de Vida na construção. Sindicato da indústria da Construção Civil do Ceará. Fortaleza-CE, 2011.

CARTAXO, G.A.A. **Análise do gerenciamento dos resíduos de gesso no município de Salvador-BA**. 2011. 161 f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307, de 17 de julho de 2002**. Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 27 jan. 2021.

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. **Revestimento à base de gesso de construção**. São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n. 142

Extração do gesso. **Master Ambiental**, 2014. Disponível em: <https://www.masterambiental.com.br/>. Acesso em: 01 mar. 2021.

IWASAKI, K. A.; CAMARINI, G. **Influência das temperaturas de calcinação e da água de amassamento na reciclagem dos resíduos de gesso**. In: XVIII CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, 2011.

JOHN; V.M.; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso**. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Alternativas%20para%20gest%C3%A3o%20de%20residuos%20de%20gesso%20v2.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2021.

KEELER, Marian. BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. 1ªed. Rio Grande do Sul: Bookman, 2010.

KOCHEM, K. **Potencialidades De Logística Reversa Do Resíduo De Gesso Da Indústria Da Construção Civil**. Dissertação Programa de pos-graduacao em tecnologias ambientais. UTFPR, Medianeira, 2016.

LIMA, R. S. LIMA, R. R. R.. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Serie de publicacoes tematicas do CREA-PR, 2010.

LYRA SOBRINHO, A.C.P.; AMARAL, A.J.R., DANTAS, J.O.C., DANTAS, J.R.A. Gipsita. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (Ed.). **Balanco Nacional Brasileiro 2001**. Brasília, DF, 2001. P. 1-23.

MEDINA N.F. OLIVARES H.F., ARROYO X., AGUILERA A., FERNANDEZ F. **Characterization of a more sustainable cement produced with recycled drywall and plasterboards as set retarders**. Construction and Building Materials 124 (2016) 982–991.

MENDONÇA, Luiza Coimbra. **Gerenciamento de obras: planejamento e suprimentos**. Centro de ciências exatas e tecnológica – CCET. Belém: UNAMA, 2010.

MUNHOZ, F. C. **Utilização do gesso para fabricação de artefatos alternativos, no contexto de produção mais limpa**. 2008. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

NORMA TÉCNICA BRASILEIRA. Norma n. 10004, de 31 de maio de 2004. **Resíduos sólidos-classificação**. Disponível em: <https://analiticaqmcredutos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2021.

PUCCI, R. B. **Logística de resíduos da construção civil atendendo à Resolução Conama 307**. 2006. 154 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RAIJ, B. V. Gesso na agricultura. **Informações Agrônômicas**, São Paulo, n. 122, p. 26-27, jun. 2008.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Fundação para o Desenvolvimento da Educação. **Manual para Gestão de Resíduos em Construções Escolares**. São Paulo, 2010. 40 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resíduos da construção civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo, 2012, p. 14-19.

SAVI, O. **Produção de placas de forro com a reciclagem de gesso**. 2012. 233p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de Maringá, 2012.

SILVA, F. B. Alternativas tecnológicas: forro de gesso em placas. **Guia da Construção**, São Paulo, fev. 2009^a. Não paginado. Disponível em: <http://revista.construcaomercado.com.br/guia/habilitacao-financiamento-imobiliario/91/alternativas-tecnologicas-125044-1.asp>. Acesso em: 17 jan. 2021.

SOUZA, U.E.L. **Como reduzir perdas nos canteiros**: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10. ed. rev. e atual. São Paulo: Pini, 2010.