



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ALANA DE MOURA LIMA

**GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA DE PRÉ-MOLDADOS
EM BALSAS-MA**

**BALSAS-MA
2020**

Alana de Moura Lima

Gestão dos Resíduos da Construção Civil: estudo de caso de uma empresa de pré-moldados em Balsas-MA

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Ma. Claudiceia Silva Mendes

Coorientador: Prof.^o Esp. Williame Braga Lima

Balsas – MA
2020

ALANA DE MOURA LIMA

**GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA
EMPRESA DE PRÉ-MOLDADOS EM BALSAS-MA**

Este trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL e aprovado em sua forma final pela professora orientadora e pelos membros da banca examinadora.

Balsas, _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ma. Claudiceia da Silva Mendes
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Anderson Alles de Jesus
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Me. Paulo Henrique Santos Queiroz

Dedico este trabalho aos meus avós,
Josefa Maria (in memoriam) e José
Elesbão (in memoriam).

“Conquistas sem riscos são sonhos sem méritos. Ninguém é digno dos sonhos se não usar as derrotas para cultivá-los.”

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela força e proteção para enfrentar as dificuldades e concluir este trabalho.

Aos meus avós maternos, Josefa Maria (in memoriam) e José Elesbão (in memoriam), e aos meus pais, por todo o amor, carinho, princípios ensinados, formação do meu caráter, educação, apoio e motivação para enfrentar a vida e conquistar meus sonhos.

Aos meus irmãos, pelo amor, convívio e admiração.

A toda minha família, em especial meus tios e tias, que são grandes incentivadores e admiradores, pelas palavras de carinho e motivação.

À minha orientadora, Claudiceia Mendes, que foi uma grande incentivadora desde o início do curso e essencial para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus amigos, que são sempre presentes nos momentos alegres e também de dificuldades, por todo o apoio e incentivo.

À Prefeitura de Balsas e a empresa estudada, por terem nos recebido e colaborado com as informações para que este trabalho fosse desenvolvido.

Aos meus professores, por todos os ensinamentos, esclarecimentos e motivação ao longo da minha formação.

RESUMO

A preservação ambiental tem sido cada vez mais discutida, pela necessidade de racionalização dos recursos naturais disponíveis e descarte adequado dos resíduos gerados diariamente. Com o aumento populacional, a demanda por moradias, hospitais, rodovias, espaços públicos também aumenta, o que favorece a construção civil e, conseqüentemente, aumenta a geração de resíduos deste ramo. É possível que estes resíduos sejam descartados de forma menos agressiva na natureza e até mesmo serem reaproveitados ou reciclados, através da implantação de um Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos. Este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico dos resíduos gerados na produção de peças pré-moldadas em concreto de uma empresa na cidade de Balsas-MA, quantificando e classificando os mesmos. Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas dos temas pertinentes aos Resíduos da Construção Civil (RCC) e da legislação vigente, além do estudo de caso em uma empresa de pré-moldados, através de visitas *in loco*, levantamento fotográfico e entrevistas com os responsáveis. Como resultados foi possível identificar que a empresa estudada não possui um plano de gestão dos resíduos, evidenciando a necessidade de classificar os resíduos gerados e posteriormente analisar a viabilidade de reutilização e reciclagem dos diversos tipos de resíduos gerados na produção de peças pré-moldadas.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos. Sustentabilidade. Pré-moldados. Balsas.

ABSTRACT

Environmental preservation has been increasingly discussed, due to the need to rationalize available natural resources and adequate disposal of waste generated daily. With the increase in population, the demand for housing, hospitals, highways, public spaces also increases, which favors civil construction and, consequently, increases the generation of waste in this field. It is possible that these residues are disposed of less aggressively in nature and even be reused or recycled, through the implementation of a Solid Waste Management Plan. This work aimed to diagnose the waste generated in the production of precast concrete parts of a company in the city of Balsas-MA, quantifying and classifying them. For the development of this work, bibliographic research was carried out on themes relevant to Civil Construction Waste and current legislation, in addition to the case study in a precast company, through on-site visits, photographic survey and interviews with those responsible. As a result, it was possible to identify that the company studied does not have a waste management plan, highlighting the need to classify the waste generated and subsequently analyze the feasibility of reusing and recycling the various types of waste generated in the production of precast parts.

Keywords: Waste Management. Sustainability. Pre-molded. Balsas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do objeto de estudo	13
Figura 2 – Área de armazenamento de resíduos de concreto	14
Figura 3 – Postes e cruzetas de concreto	14
Figura 4 – Blocos de estai	15
Figura 5 – Suporte de concreto para caixa d'água	15
Figura 6 – Vigas e pilares pré-moldados	15
Figura 7 – Blocos de concreto	16
Figura 8 – Canaletas de concreto	16
Figura 9 – Pisos de concreto intertravado	16
Figura 10 – Estrutura de galpão pré-moldado	17
Figura 11 – Viga T para vão de 27m.....	18
Figura 12 – Viga T para vão de 30m.....	18
Figura 13 – Pilar retangular de 30x60cm com cabeça simples	18
Figura 14 – Pilar retangular de 30x60cm	19
Figura 15 – Viga retangular de 15x40cm.....	19
Figura 16 – Viga retangular de 15x50cm.....	19
Figura 17 – Pesagem dos CPs de concreto.....	22
Figura 18 – Medição dos agregados de acordo com ABNT NBR 15961-2.....	24
Figura 19 – Água com aditivo plastificante sendo adicionada ao misturador.....	25
Figura 20 – Aditivo plastificante utilizado na dosagem do concreto	25
Figura 21 – Preenchimento e adensamento das fôrmas	26
Figura 22 – Cura dos blocos de concreto	26
Figura 23 – Estocagem dos blocos produzidos	27
Figura 24 – Falha na moldagem do bloco de concreto.....	28
Figura 25 – Blocos de concreto com avarias.....	29
Figura 26 – Percentual de blocos de concreto de 14x19x39cm com avarias	30
Figura 27 – Percentual de blocos de concreto de 9x19x39cm com avarias	30
Figura 28 – Percentual de canaletas de concreto de 9x19x39cm com avarias.....	31
Figura 29 – Armazenamento das tábuas de madeira	33
Figura 30 – Descarte dos sacos de cimento.....	35

Figura 31 – Peças pré-moldadas ainda na fôrma metálica	36
Figura 32 – Peças concretadas com arestas danificadas.....	37
Figura 33 – Moldes de corpos de prova cilíndricos de concreto.....	39
Figura 34 – Corpos de prova após ensaios	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos RCC	10
Tabela 2 – Blocos de concreto produzidos no período estudado	23
Tabela 3 – Quantidade total de blocos de concreto com avarias no período estudado...	29
Tabela 4 – Peso unitário de cada tipo de peça.....	31
Tabela 5 – Peso total de concreto endurecido resultante dos blocos com avarias	32
Tabela 6 – Produção de peças com 1m ³ de concreto para 5MPa	33
Tabela 7 – Volume de concreto (m ³) de 5Mpa para cada tipo de peça	34
Tabela 8 – Quantitativo total de sacos de cimento na produção de blocos.....	35
Tabela 9 – Quantitativo de peças pré-moldadas produzidas	38
Tabela 10 – Quantitativo de sacos de cimento no período estudado	38
Tabela 11 – Quantitativo de corpos de prova para cada tipo de peça pré-moldada	40
Tabela 12 – Peso total de concreto usado no controle tecnológico.....	41
Tabela 13 – Classificação dos resíduos levantados na empresa estudada.....	42

LISTA DE SIGLAS

RCC	Resíduos da Construção Civil
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
CPM	Concreto Pré-moldado
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Técnica Brasileira
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
BNH	Banco Nacional da Habitação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	OBJETIVOS	4
1.1.1	Geral	4
1.1.2	Específicos.....	4
2	JUSTIFICATIVA	5
3	REFERENCIAL TEÓRICO	6
3.1	Desenvolvimento sustentável	6
3.2	Construção civil e industrialização	6
3.3	Gestão de resíduos na construção civil	7
3.4	Classificação dos RCC	10
3.5	Concreto pré-moldado e contexto histórico no Brasil	11
3.6	Normas técnicas referentes aos RCC	12
4	METODOLOGIA	13
4.1	Etapas	13
4.1.1	Pesquisa bibliográfica.....	13
4.1.3	Pesquisa de campo.....	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1	Produção de blocos de concreto	23
5.1.1	Concreto fresco.....	27
5.1.2	Concreto endurecido.....	28
5.1.3	Tábuas de madeira	32
5.1.4	Sacos de cimento	33
5.2	Produção de peças pré-moldadas para estruturas de galpão	36
5.2.1	Sacos de cimento	37

5.3	Laboratório para ensaio de materiais.....	39
6	PROPOSIÇÕES PARA A GESTÃO DOS RCC	442
6.1	Classificação dos resíduos.....	42
6.2	Armazenamento e descarte dos resíduos.....	42
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A preservação ambiental tem sido cada vez mais discutida, pela necessidade de racionalização dos recursos naturais disponíveis e descarte adequado dos resíduos gerados diariamente. Com o aumento populacional, a demanda por moradias, hospitais, rodovias, espaços públicos também aumenta, o que favorece a construção civil e, conseqüentemente, aumenta a geração de resíduos deste ramo. É possível que estes resíduos sejam descartados de forma menos agressiva na natureza e até mesmo serem reaproveitados ou reciclados, gerando uma fonte alternativa de renda e redução de impactos ambientais nocivos.

A Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) estabelece as diretrizes para reutilização, reciclagem e beneficiamento dos resíduos. Com isso, é possível criar um sistema integrado de gestão dos resíduos sólidos, incluindo municípios e grandes geradores a fim de reduzir os impactos ambientais gerados pela construção civil. Porém, surgem algumas limitações relacionadas ao método construtivo, que definem características físicas e organizacionais particulares ao processo de produção. Além disso, a falta de dados atualizados sobre os tipos e quantidades de resíduos gerados e agentes recicladores aumentam o desafio dos responsáveis pela gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC).

Dentro desse contexto, o uso dos elementos pré-moldados se torna uma opção, por ser um método construtivo considerado “limpo”, pois há pouco desperdício na sua execução e montagem, dentre as vantagens também se destacam a rapidez na execução da obra e redução do uso de materiais no canteiro de obras, tornando-o um método econômico (SERRA *et al.*, 2005). Mas é importante destacar que há uma maior geração de resíduos na produção dos elementos pré-moldados quando não há um bom planejamento de obra usando este método, assim como um projeto elaborado e eficiente que compatibilize as limitações de obra.

Segundo Lima *et al.* (2009), é possível definir que a maneira mais eficiente de gestão dos RCC é com o reaproveitamento e reciclagem dos mesmos. No caso das sobras de concreto, há possibilidade de beneficiamento desse resíduo para ser usado como agregado em dosagens futuras.

Portanto, este trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico dos resíduos gerados por uma empresa de pré-moldados na cidade de Balsas-MA, quantificando e classificando os mesmos para posterior reaproveitamento e reciclagem, considerando que as sobras de concreto constituem o maior volume de resíduos dentro do ciclo produtivo.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos do trabalho estão divididos em geral e específicos e serão descritos a seguir.

1.1.1 Geral

Realizar um diagnóstico dos resíduos gerados na produção dos blocos de concreto e de peças pré-moldadas para galpões em concreto de uma empresa na cidade de Balsas-MA.

1.1.2 Específicos

- Estudar a legislação vigente relacionada à gestão de Resíduos da Construção Civil (RCC) no Brasil;
- Identificar os principais resíduos que são gerados na produção das peças pré-moldadas e analisar sua destinação final;
- Classificar os principais resíduos gerados na fabricação dos pré-moldados;
- Propor diretrizes para a reciclagem e a destinação correta dos resíduos deste objeto de estudo.

2 JUSTIFICATIVA

Considerando a grande quantidade de resíduos sólidos gerados na construção civil, aliado à importância da preservação ambiental, identifica-se a necessidade da gestão desses resíduos, aplicando as diretrizes vigentes determinadas pela Resolução nº 307, publicada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que outorga aos municípios e aos grandes geradores de resíduos a responsabilidade de coletar, manusear, armazenar, transportar e dar destinação adequada aos mesmos.

Após levantamento de dados junto aos órgãos municipais responsáveis pela infraestrutura da cidade de Balsas-MA, verifica-se a falta de um plano municipal de gestão desses resíduos oriundos da construção civil, cabendo às empresas determinarem um destino aos resíduos gerados. Considerando a falta desse plano de gestão no município e considerando as disposições da Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 que sugere que as empresas do ramo da construção civil estão sujeitas à elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) dentro do seu ciclo produtivo evidencia-se a importância das empresas levantarem a quantidade e os tipos de resíduos em sua produção para conseguir desenvolver esse PGRS e garantir que seus resíduos sejam descartados corretamente, diminuindo os danos ao meio ambiente e garantindo os princípios da sustentabilidade.

O aumento da demanda de produção de peças pré-moldadas na empresa estudada propicia a geração de resíduos, evidenciando a importância de difusão da legislação no município e entre os grandes geradores, para conscientização e proposição de ideias para descarte, reaproveitamento e reciclagem dos resíduos.

Sendo assim, o objeto deste estudo é uma empresa de pré-moldados que é considerada de médio porte, um grande gerador de resíduos e possui larga escala de produção de peças de concreto e, conseqüentemente, uma quantidade significativa de diversos tipos de resíduos com provável potencial de reaproveitamento ou de reciclagem, mas que são descartados de maneira facultativa pela ausência do PGRS dentro do ciclo produtivo, justificando a escolha da mesma para análise e proposição de diretrizes para a realização da destinação correta e do aproveitamento desses resíduos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

As referências do trabalho se baseiam na legislação vigente, normas técnicas e estudos relevantes na área.

3.1 Desenvolvimento sustentável

No modelo tradicional de desenvolvimento, o crescimento e a intensificação desenfreada da economia fez acelerar o processo de urbanização e as mudanças na natureza. Isso contribuiu com grandes desequilíbrios, pois enquanto aumentava os avanços tecnológicos também aumentava a miséria, a degradação ambiental e a poluição (NETO, 2005).

Para John (2001), a visão de desenvolvimento sustentável é evidenciada em função da percepção de que o modelo tradicional é incapaz de garantir o acesso das gerações futuras aos recursos naturais, mantendo a preservação ambiental e garantindo a sobrevivência da espécie humana.

A partir do conhecimento em relação aos efeitos de poluentes orgânicos, da destruição da camada de ozônio por gases produzidos e liberados pelo homem e ao conhecimento do efeito estufa percebe-se a importância de reformulação dos processos produtivos, em que se consideram todos os impactos gerados nas atividades de produção e consumo, desde a extração da matéria-prima, processos industriais, até o transporte e destinação correta dos resíduos (JOHN, 2001).

Segundo John (2001), com a formulação da Agenda 21 na Conferência do Rio, em 1992, iniciou-se a consolidação da visão de desenvolvimento sustentável, em que se discute a preservação dos recursos naturais, de maneira que haja igualdade de condições de desenvolvimento para as gerações futuras, além de exigir maior equidade dos benefícios do desenvolvimento, impactando socialmente.

3.2 Construção civil e industrialização

O setor da construção civil tem papel fundamental em países em desenvolvimento como o Brasil, visto que consegue gerar significativa quantidade de vagas diretas e indiretas no mercado de trabalho, influenciando no processo de crescimento e redução do desemprego e possuindo papel estratégico no controle do déficit habitacional. Mas também se constitui como uma das principais fontes de degradação ambiental, contribuindo com o esgotamento

dos recursos naturais e enorme geração e má deposição de resíduos nas diferentes etapas de produção (NETO, 2005).

Os resíduos sólidos da construção civil (RCC) provenientes de serviços de infraestrutura, execução de novas construções urbanas, demolição e reforma de construções existentes estão inseridos como parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e representam um desafio para o saneamento municipal no Brasil. Além de elevar o custo da limpeza urbana nos municípios brasileiros, segundo estimativas, a coleta de entulho originado desse setor representa duas toneladas de entulho para cada tonelada de lixo urbano recolhido, evidenciando a necessidade de aplicar políticas de controle, coleta, transporte e disposição adequada que viabilizem a reciclagem e reaproveitamento dos RCC (NETO, 2005).

Segundo El Debs (2017), quando comparada a outros ramos industriais, a construção civil é considerada uma indústria atrasada. Isso se deve a alguns fatores, como: baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade. Como forma de reduzir essa defasagem, a utilização de elementos pré-moldados de concreto cresceu e se tornou uma opção de método construtivo, pois possibilita a industrialização da construção civil, diminuindo o tempo de construção, reduzindo o desperdício de materiais, melhorando as condições de trabalho, considerando a sustentabilidade e qualidade dos elementos. O uso dessa técnica é denominado Concreto Pré-Moldado (CPM), e as estruturas formadas por esse elementos são chamadas de estruturas de concreto pré-moldado (EL DEBS, 2017).

3.3 Gestão de resíduos na construção civil

A classificação feita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) considera os resíduos sólidos segundo os riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, visando o manuseio e a destinação final dos resíduos sólidos.

A Norma Técnica Brasileira (NBR) 10004 classifica os resíduos da construção civil (RCC) na Classe II B – Inertes – e dá definição de:

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, conforme anexo G (ABNT, 2004, p. 5).

Segundo Lima *et al.* (2002), a geração de RCC se deve a muitos fatores, dentre eles:

Problemas relacionados ao projeto seja pela falta de definições e/ou detalhamentos satisfatórios, falta de precisão nos memoriais descritivos, baixa qualidade dos materiais adotados, baixa qualificação da mão-de-obra, o manejo, transporte ou armazenamento inadequado dos materiais, a falta ou ineficiência dos mecanismos de controle durante a execução da obra, ao tipo de técnica escolhida para a construção ou demolição, aos tipos de materiais que existem na região da obra e finalmente à falta de processos de reutilização e reciclagem no canteiro (LIMA *et al.*, 2002, p. 9).

Dentro desse contexto, com a industrialização da construção civil, surge uma nova questão: a geração de resíduos em maior escala nos pátios de produção das empresas do ramo de pré-moldados e a importância de planos de gestão de não geração, reaproveitamento, reutilização e reciclagem dos RCC.

A Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), aprovada em 2007, incluiu o manejo dos resíduos sólidos como parte da definição de saneamento básico, em que os planos de gerenciamento dos resíduos sólidos passaram a fazer parte dos planos de saneamento básico municipais, desde que respeitassem as diretrizes descritas na PNSB. É destinada às pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que sejam responsáveis direta ou indiretamente pela geração de resíduos sólidos e às que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos. Mas para que essas diretrizes sejam executadas é necessário que estes possuam um PGRS que garanta a coleta, manuseio, armazenamento, transporte e destinação com o mínimo de riscos ao meio ambiente e aos seres humanos (BRASIL, 2007).

A Resolução nº 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), alterada pela Resolução nº 348/04, estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC, regulamentando as ações necessárias para minimizar os impactos ambientais causados pelos mesmos e outorgando aos municípios e aos principais geradores a responsabilidade de segregar e sistematizar seus resíduos.

Em 2010, foi sancionada a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), com o objetivo de instituir a PNSB com as seguintes proposições: proteção da saúde pública e qualidade ambiental; não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos; gestão integrada dos resíduos sólidos; articulação entre as esferas do poder público, incluindo as empresas geradoras de resíduos, com a cooperação técnica e financeira para a gestão integrada dos resíduos sólidos.

Para o desenvolvimento deste trabalho é necessário definir alguns termos comumente usados pela Resolução do CONAMA n ° 307/02, relacionadas ao tema, conforme descrito no Artº 2:

- **Resíduos da Construção Civil:** são aqueles 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;
- **Geradores:** são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem resíduos;
- **Transportadores:** são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;
- **Agregado reciclado:** é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;
- **Gerenciamento de resíduos:** é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;
- **Reutilização:** é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;
- **Reciclagem:** é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;
- **Beneficiamento:** é o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;
- **Aterro de resíduos da construção civil:** é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe “A” no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

- **Áreas de destinação de resíduos:** são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

3.4 Classificação dos RCC

Com relação à classificação dos RCC, a Resolução do CONAMA n° 307/02 traz as seguintes diretrizes, referentes ao tipo de RCC, a definição, ao material e a destinação nos diferentes artigos da Resolução que estão descritos na tabela a seguir

Tabela 1 – Classificação dos RCC

Tipo de RCC	Definição	Material	Destinação
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	Construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros (Resolução CONAMA n° 448, 2012).
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações.	Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação.	Produtos oriundos do gesso.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Tipo de RCC	Definição	Material	Destinação
Classe D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção.	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.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (Resolução CONAMA n° 448, 2012).

Fonte: CONAMA, 2012.

3.5 Concreto pré-moldado e contexto histórico no Brasil

A ABNT, através da NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 2007) estabelece os requisitos de projeto, execução e controle de estruturas de concreto pré-moldado, armado ou protendido. Esta mesma norma define por elemento pré-moldado: elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura; diferenciando de elemento pré-fabricado: elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim (ABNT, 2007).

Para facilidade de leitura e entendimento, neste trabalho será utilizada apenas a nomenclatura elementos pré-moldados para se referir a elementos fabricados fora do seu local de utilização.

Pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado. A primeira grande obra usando esse tipo de elemento no Brasil foi o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro em 1926, executada pela construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen. Nesta obra foram usadas estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área do Hipódromo todas com elementos pré-moldados (VASCONCELOS, 2002).

Com a intenção de reduzir o déficit habitacional, em 1966 o governo criou o Banco Nacional da Habitação – BNH, que estimulou a produção de moradias e aqueceu a construção civil, o que poderia ter sido o ápice da evolução das construções usando elementos pré-moldados, visto que dentre as vantagens deste método construtivo há rapidez de execução, economia de materiais e redução de resíduos. Mas gerou um efeito contrário, pois não existia mão de obra qualificada para este tipo de método construtivo. Portanto, as moradias executadas usando estes elementos não possuíam controle de qualidade eficiente, gerando

moradias precárias. Apenas na década de 90, houve uma maior necessidade de industrialização da construção civil com o crescimento da cidade de São Paulo, propiciado pelo aumento na construção de shoppings e hotéis (VASCONCELOS, 2002).

3.6 Normas técnicas referentes aos RCC

Em 2004, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou uma série de normas relativas aos RCC, que seguem as diretrizes propostas pela Resolução nº 307/2002 (CONAMA), são:

- ABNT NBR 15112/2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 15113/2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 15114 /2004 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 15115/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- ABNT NBR 15116/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho se baseia nas seguintes etapas: pesquisa bibliográfica; caracterização do objeto de estudo; pesquisa de campo; análise e tratamento de dados.

4.1 Etapas

4.1.1 Pesquisa bibliográfica

Para o desenvolvimento desta pesquisa realizou-se levantamento bibliográfico, com o objetivo de contextualizar as diretrizes vigentes para a gestão de RCC no nível Federal, Estadual e Municipal; além de fazer um estudo das normas técnicas da ABNT referentes aos RCC, assim como as especificações técnicas para classificação e gestão dos mesmos.

Para o levantamento das informações referentes ao município de Balsas e os planos de gestão desenvolvidos na cidade, foram realizadas visitas nas secretarias e órgãos municipais de Balsas responsáveis pela infraestrutura e meio ambiente, no mês de setembro. As informações foram obtidas com o subsecretário de infraestrutura por meio de perguntas abertas.

4.1.2 Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é uma empresa de pré-moldados de médio porte situada em Balsas-MA (Figura 1), caracterizada como grande gerador e que não possui um plano de gestão de resíduos gerados em suas atividades. Grande parte dos resíduos gerados na produção dos pré-moldados são armazenados em pátio a céu aberto sem nenhuma separação ou preparação (Figura 2).

Figura 1 – Localização do objeto de estudo



Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Figura 2 – Área de armazenamento de resíduos de concreto



Fonte: Autora (2020).

O principal segmento de atividade da empresa é a produção de elementos pré-moldados como: postes e cruzetas de concreto (Figura 3), bloco de estai (Figura 4), suporte de concreto para caixa d'água (Figura 5), vigas e pilares pré-moldados (Figura 6), blocos de concreto (Figura 7), canaletas de concreto (Figura 8), piso de concreto inter-travado (Figura 9), estacas de concreto, suporte e cochos. A empresa também tem como atividade a elaboração de projetos estruturais e redes elétricas, além da execução de estruturas pré-moldadas comerciais e industriais (Figura 10), na zona urbana e rural. Possui um pátio de fábrica com área total de 15.000m² e um quadro de aproximadamente 50 funcionários.

Figura 3 – Postes e cruzetas de concreto



Fonte: Autora (2020).

Figura 4 – Blocos de estai



Fonte: Empresa (2020).

Figura 5 – Suporte de concreto para caixa d'água



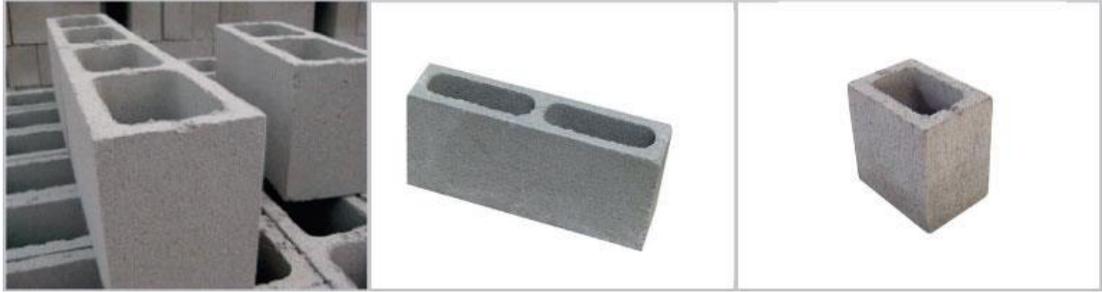
Fonte: Autora (2020).

Figura 6 – Vigas e pilares pré-moldados



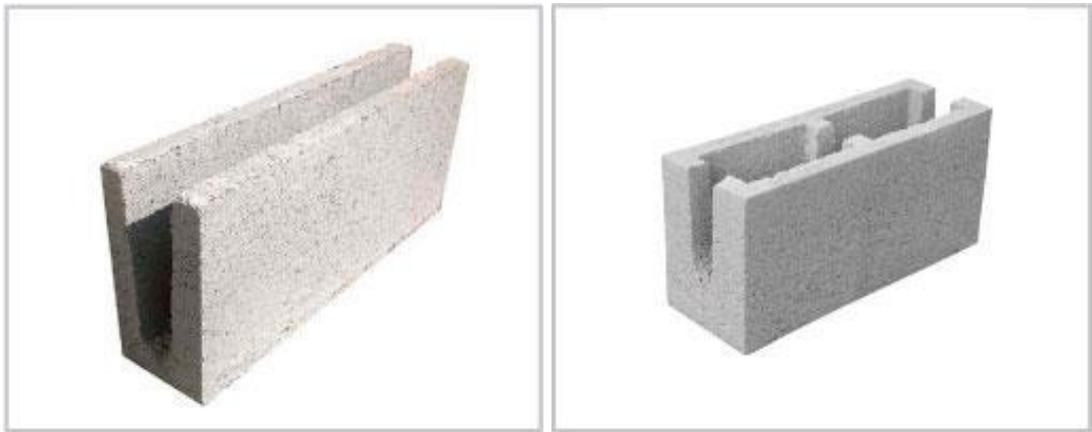
Fonte: Autora (2020).

Figura 7 – Blocos de concreto



Fonte: Empresa (2020).

Figura 8 – Canaletas de concreto



Fonte: Empresa (2020).

Figura 9 – Pisos de concreto intertravado



Fonte: Empresa (2020).

Figura 10 – Estrutura de galpão pré-moldado



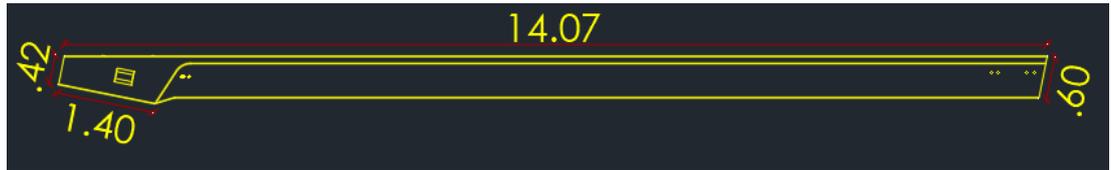
Fonte: Empresa (2020).

Devido à pandemia do COVID-19, houve algumas particularidades que influenciaram na produção da empresa estudada e na escolha das peças a serem analisadas, como:

- Alguns insumos utilizados na construção civil tiveram baixa oferta, como o tijolo cerâmico, bem comum na região. Isso ocasionou uma grande procura por blocos de concreto, fazendo com que os estoques fossem zerados e a empresa passasse a produzir sob encomenda;
- A demora no fornecimento de insumos como areia, brita e cimento, também causaram atrasos na produção dos blocos de concreto.
- Outro fator que causou impactos negativos na produção foi a manutenção das máquinas responsáveis por misturar e moldar os blocos, que chegaram a demorar mais de três dias.

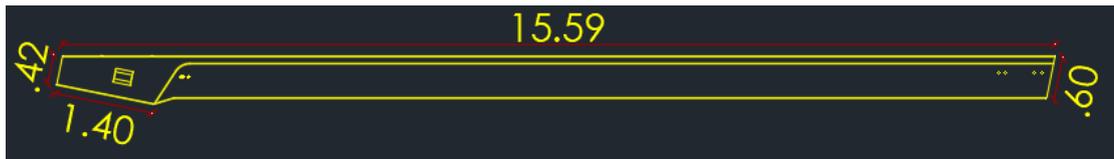
Dessa forma, as peças escolhidas para estudo foram: bloco de concreto de 14x19x39cm; bloco de concreto de 9x19x39cm; canaletas de concreto de 14x19x39cm e dois galpões. Na modulação destes galpões, de 30,60x44m e 27,60x27m cada, foram utilizadas as seguintes peças pré-moldadas, que também foram incluídas no estudo: viga T para vão de 27m (Figura 11); viga T para vão de 30m (Figura 12); pilar retangular de 30x60cm com cabeça simples (Figura 13); pilar retangular de 30x40cm (Figura 14); viga retangular de 15x40cm (Figura 15); viga retangular de 15x50cm (Figura 16).

Figura 11 – Viga T para vão de 27m



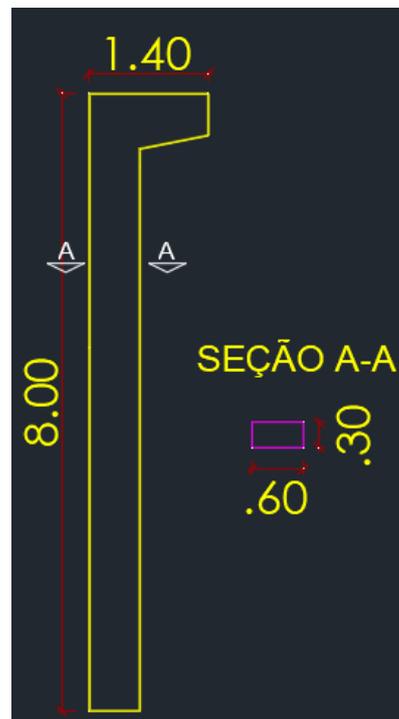
Fonte: Empresa (2020).

Figura 12 – Viga T para vão de 30m



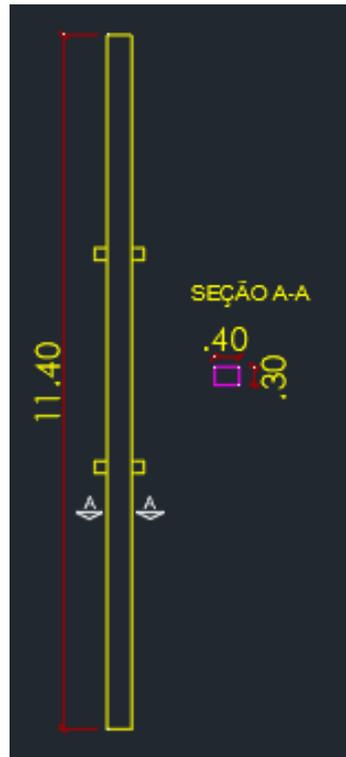
Fonte: Empresa (2020).

Figura 13 – Pilar retangular de 30x60cm com cabeça simples



Fonte: Empresa (2020).

Figura 14 – Pilar retangular de 30x40cm



Fonte: Empresa (2020).

Figura 15 – Viga retangular de 15x40cm



Fonte: Empresa (2020).

Figura 16 – Viga retangular de 15x50cm



Fonte: Empresa (2020).

4.1.3 Pesquisa de Campo

Os dados foram obtidos através de entrevista com perguntas abertas para os encarregados de produção de cada setor da empresa (fábrica de blocos e fábrica de peças pré-moldadas para galpão) durante visita in loco (Apêndice D) quando também foi realizado o levantamento fotográfico. Os dados referem-se ao período de 15 de outubro a 15 de novembro de 2020.

A partir daí, realizou-se todo o levantamento de dados em campo das etapas de produção do setor de blocos de concreto e do setor de peças pré-moldadas para galpão para obtenção dos dados necessários para o estudo, que teve como objetivo:

- Identificar os tipos de produtos produzidos pela empresa;
- Quantificar os materiais quebrados e descontinuados;
- Realizar o levantamento fotográfico;
- Listar as causas de geração de resíduos, principalmente de blocos de concreto;
- Classificar os resíduos que foram levantados;
- Ao final dessa etapa, foi possível determinar as proposições para a realização do reaproveitamento e gestão adequada dos resíduos;

4.1.4 Análise e tratamento dos dados

A análise dos dados obtidos foi feita em programas computacionais pertinentes ao objeto de estudo, entre eles o Excel para tabulação dos dados e *AutoCad* para visualização e leitura dos projetos estruturais.

Após o fornecimento dos dados e identificação dos principais resíduos gerados em cada etapa de produção, foi realizado o tratamento dos dados, que serão descritos a seguir.

Para a determinação da quantidade de sacos de cimento descartados foi necessário consultar a dosagem de concreto fornecido pela empresa para levantar a quantidade de sacos de cimentos necessários na produção de um metro cúbico (m^3) de concreto para cada resistência¹ (Mpa).

¹ Resistência: cada setor de produção da empresa produz concreto seguindo a resistência indicada nas normas técnicas para cada tipo de peça.

No caso dos blocos de concreto, segundo os dados de produção, foi possível identificar quantas peças são produzidas com um metro cúbico (m^3) de concreto para resistência de 5MPa; sabendo quantas peças foram produzidas no período estudado (pe), dividiu-se essa quantidade de peças pela quantidade de peças produzidas com um metro cúbico de concreto, obtendo o volume total de concreto (m^3) para 5MPa produzido no período estudado (pe).

$$\text{Volume de concreto}_{pe} = \frac{\text{Peças produzidas}_{pe}}{\text{Peças produzidas com } 1 m^3}$$

Usando o volume de concreto produzido no período estudado, multiplicou-se este volume pela quantidade de sacos de cimento usado em um metro cúbico (m^3) de concreto para 5Mpa, que segundo a empresa corresponde a três sacos de cimento; resultando na quantidade total de sacos de cimento que foram utilizados na produção dos blocos no período estudado.

$$\text{Sacos de cimento}_{pe} = \text{Volume de concreto}_{pe} \times \text{Sacos de cimento}/m^3$$

No caso das peças pré-moldadas para galpão, foi necessário consultar a dosagem de concreto fornecido pela empresa para levantar a quantidade de sacos de cimentos necessários para a produção de um metro cúbico de concreto para 25MPa, além de utilizar o projeto estrutural para identificar as seções e comprimentos de cada tipo de peça produzida no período estudado (pe) e determinar o volume de concreto usado nas mesmas. Segundo os dados da empresa, para um metro cúbico (m^3) são utilizados oito sacos de cimento. A partir da determinação do volume de concreto para cada tipo de peça (pç), multiplicou-se esse volume de concreto pela quantidade de sacos de cimento usados em um metro cúbico (m^3) de concreto, resultando na quantidade total de sacos de cimento usados no período estudado (pe).

$$\text{Sacos de cimento}_{pe} = \text{Volume de concreto}_{pç} \times \text{Sacos de cimento}/m^3$$

Para a determinação do volume de descarte de concreto endurecido no setor de blocos de concreto, utilizou-se os dados de peso unitário para cada tipo de peça fornecido pela empresa.

E para a determinação do volume de concreto endurecido do laboratório de ensaio dos corpos de prova (CPs) de concreto foi necessário realizar a pesagem dos CPs utilizando balança semianalítica fornecida pela empresa estudada. Os CPs sofrem variação por serem moldados manualmente, por isso realizou-se a pesagem de três CPs (Figura 17) escolhidos aleatoriamente para obtenção da média simples do peso unitário dos mesmos. A média de peso unitário obtida foi de 3647,67g ou 3,65kg.

Figura 17 – Pesagem dos CPs de concreto



Fonte: Autora (2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise e tratamento dos dados, conforme as etapas descritas anteriormente obtiveram-se os resultados descritos a seguir.

5.1 Produção de blocos de concreto

Segundo dados obtidos na empresa, a média de produção diária de blocos (incluindo blocos de concreto de 14x19x39cm, 9x19x39cm; e canaletas de concreto de 14x19x39cm) varia em função da demanda de pedidos e da disponibilidade de insumos (cimento e agregados) – uma vez que o fornecimento foi prejudicado pelo momento atípico de pandemia do COVID-19 no qual o estudo foi realizado. Os dados de produção fornecidos pela empresa referentes à produção deste setor no período estudado estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Blocos de concreto produzidos no período estudado

TIPO	QUANTIDADE
Bloco de concreto – 14x19x39cm	11.190 peças
Bloco de concreto – 9x19x39cm	6.060 peças
Canaleta de concreto – 14x19x39cm	145 peças

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Com estes dados, percebe-se a grande demanda de blocos de concreto de 14x19x39cm, resultando na produção de 11.190 peças. Se contrapondo à baixa produção de canaletas de concreto de 14x19x39cm, com 145 peças, isso se deve à empresa estar produzindo por encomenda e tendo a necessidade de suprir a demanda dos outros tipos de blocos produzidos.

Para a produção dessas peças, seguem-se as seguintes etapas de fabricação:

- Medição da quantidade de agregado definido pela dosagem de concreto para 5MPa usando padiolas² (Figura 18);
- Os agregados são colocados no misturador mecânico;

² Padiolas: Tipo de recipiente utilizado para transportar materiais como areia, tijolos; cujas formas, quadrada ou retangular, estão fixadas por quatro varais.

- Após a mistura dos agregados, os mesmos são conduzidos por uma esteira até a betoneira e misturados à água (Figura 19) com aditivo plastificante (Figura 20), resultando no traço de concreto;
- Posteriormente, se preenche as fôrmas com o concreto fresco e faz-se o adensamento do concreto com vibração por meio de mesa vibratória (Figura 21);
- Após a moldagem, os blocos são transportados e armazenados em estruturas de madeira e aço para processo de cura do concreto (Figura 22).
- Seguidas 24h, os blocos são retirados dos moldes e empilhados em paletes de madeira para posterior transporte e estocagem (Figura 23).

Figura 18 – Medição dos agregados de acordo com ABNT NBR 15961-2



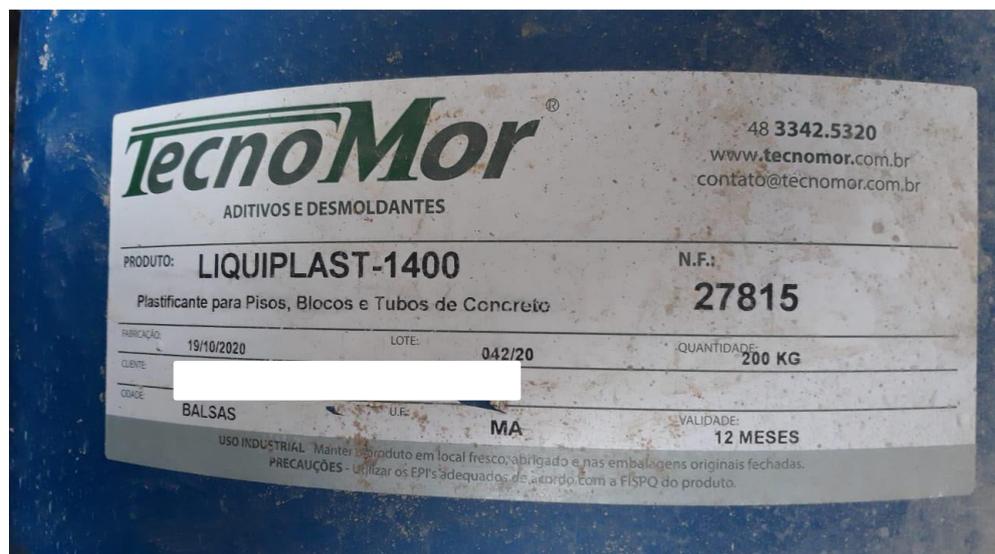
Fonte: Autora (2020).

Figura 19 – Água com aditivo plastificante sendo adicionada ao misturador



Fonte: Autora (2020).

Figura 20 – Aditivo plastificante utilizado na dosagem de concreto



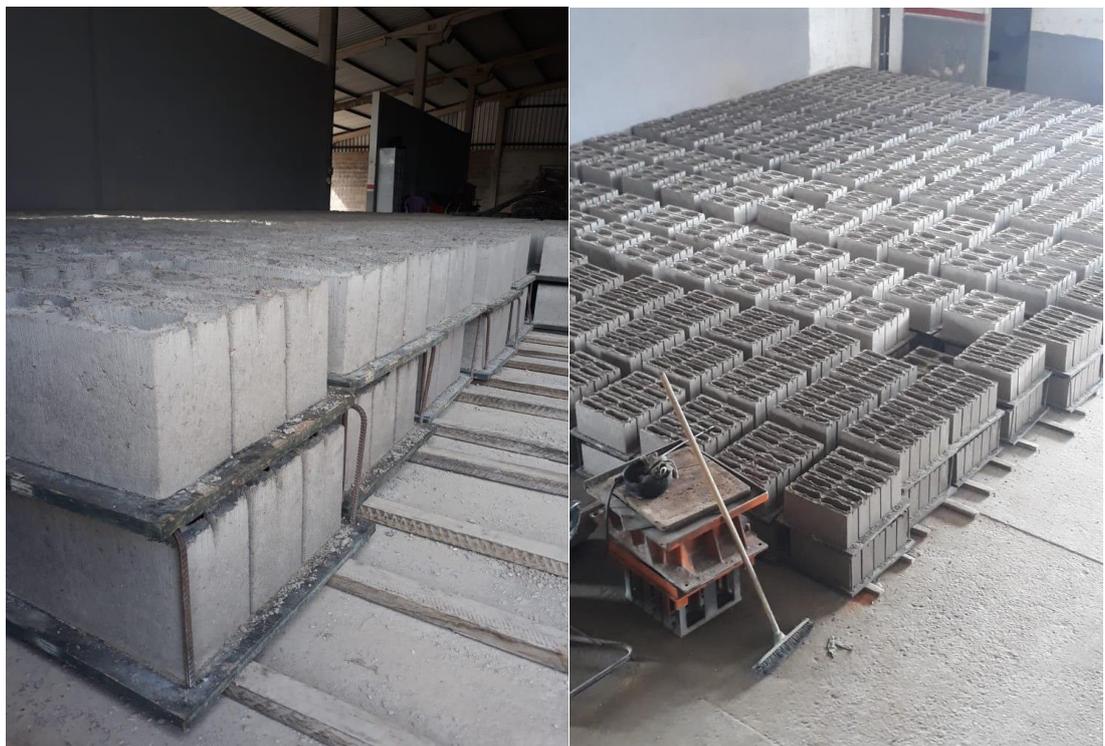
Fonte: Autora (2020).

Figura 21 – Preenchimento e adensamento das fôrmas



Fonte: Autora (2020).

Figura 22 – Cura dos blocos de concreto



Fonte: Autora (2020).

Figura 23 – Estocagem dos blocos produzidos



Fonte: Autora (2020).

Durante a produção dos blocos de concreto observou-se a geração de resíduos como: sobras de concreto (durante o processo de moldagem das peças – concreto fresco; e também no momento de armazenamento – concreto endurecido), tábuas de madeira (usadas na moldagem das peças) e sacos de cimento.

5.1.1 Concreto fresco

Este tipo de resíduo é reaproveitado ainda no momento de produção. Logo após a moldagem, o colaborador responsável pela locomoção e empilhamento das formas identifica as peças que apresentam alguma avaria (rachaduras, arestas quebradas, entre outros) e devolvem esse material para o misturador (Figura 24), logo após, esse concreto fresco é misturado ao traço e passa por uma nova moldagem. Então não há sobras significativas deste tipo de resíduo.

Figura 24 – Falha na moldagem do bloco de concreto



Fonte: Autora (2020).

5.1.2 Concreto endurecido

Este tipo de resíduo representa a maior porcentagem gerada dentro do processo produtivo deste setor da empresa, uma vez que as peças são manuseadas durante o período de cura do concreto³, provocando quebras e rachaduras nas peças (Figura 25). Na Tabela 3 estão listadas as quantidades de desperdício total no período estudado (representado por peças quebradas ou descontinuadas) de cada tipo de peça informado pela empresa.

³ Cura do concreto: procedimento responsável pela manutenção das condições de umidade necessárias às ligações químicas que dão resistência ao concreto.

Figura 25 – Blocos de concreto com avarias



Fonte: Autora (2020).

Tabela 3 – Quantidade total de blocos de concreto com avarias no período estudado

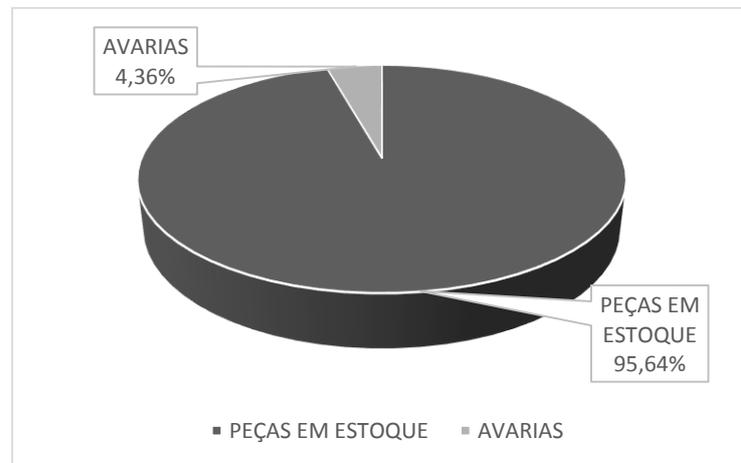
TIPO	QUANTIDADE
Bloco de concreto – 14x19x39cm	510 peças
Bloco de concreto – 9x19x39cm	580 peças
Canaleta de concreto – 14x19x39cm	8 peças

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Como visto na Tabela 3, há uma quantidade significativa de avarias de peças, que gera volumes maiores de resíduo de concreto endurecido. As peças que tiveram o maior volume de avarias no período estudado foram os blocos de concreto de 9x19x39cm. Nos gráficos a seguir observa-se a porcentagem de avarias para cada tipo de peça do setor de blocos de concreto.

Podemos observar na Figura 26, no período analisado, a quantidade total de blocos de concreto de 14x19x39cm com avarias representou 4,36% da produção desse tipo de peça.

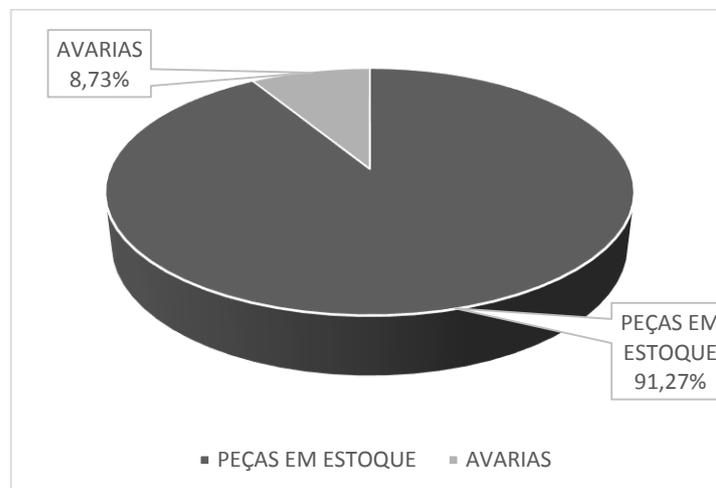
Figura 26 – Percentual de blocos de concreto de 14x19x39cm com avarias



Fonte: Autora (2020).

Como visto na Figura 27, no período analisado, a quantidade total de blocos de concreto de 9x19x39cm com avarias representou 8,73% da produção desse tipo de peça. Esse foi o maior percentual de avarias em relação ao total de produção entre as peças analisadas.

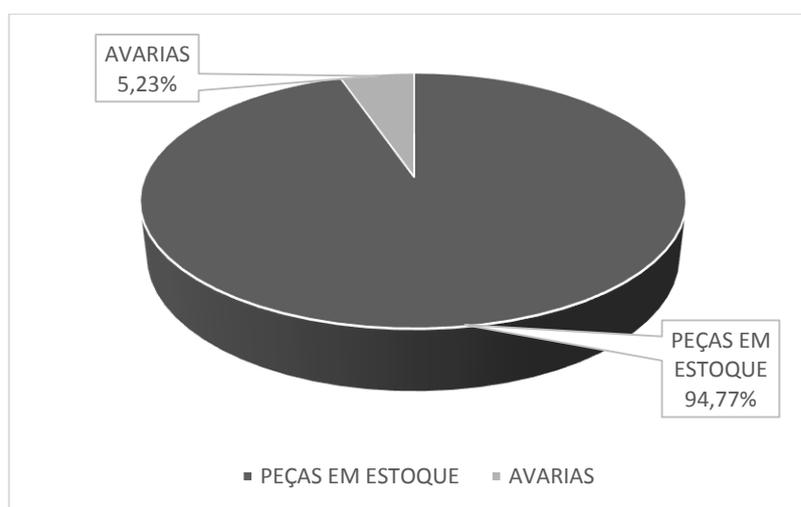
Figura 27 – Percentual de blocos de concreto de 9x19x39cm com avarias



Fonte: Autora (2020).

Na Figura 28 pode-se observar a quantidade total de canaletas de concreto de 9x19x39cm com avarias, com 5,23% de peças com avarias em relação ao total produzido no período estudado. Por conta do seu formato em “U” as canaletas se tornam mais suscetíveis a quebras.

Figura 28 – Percentual de canaletas de concreto de 14x19x39cm com avarias



Fonte: Autora (2020).

Segundo os dados informados pela empresa, esses resíduos de concreto endurecido são coletados e armazenados em uma área a céu aberto no pátio da mesma, destinado exclusivamente para este fim. Posteriormente, quando se armazena maiores quantidades de resíduos, usa-se em regularização do próprio pátio de produção ou vende-se para terceiros como material para aterros ou regularização de terrenos.

Para a determinação quantitativa da geração desse resíduo no setor de blocos foi necessário obter o peso unitário de cada peça, obtido nos dados fornecidos pela empresa e listados na Tabela 4.

Tabela 4 – Peso unitário de cada tipo de peça

TIPO	PESO
Bloco de concreto – 14x19x39cm	12 kg
Bloco de concreto – 9x19x39cm	10 kg
Canaleta de concreto – 14x19x39cm	12 kg

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

A partir desses dados, foi possível calcular o quantitativo total de resíduos de concreto endurecido no período estudado, multiplicando a quantidade de peças com avarias pelo seu peso unitário, totalizando as quantidades listadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Peso total de concreto endurecido resultante dos blocos com avarias

TIPO	QUANTIDADE	PESO
Bloco de concreto – 14x19x39cm	510 peças	6.120 kg
Bloco de concreto – 9x19x39cm	580 peças	5.800 kg
Canaleta de concreto – 14x19x39cm	8 peças	96 kg
Quantidade total		12.016 kg

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

O peso total de resíduo de concreto endurecido gerado pelo setor de blocos da empresa foi de 12.016kg no período estudado.

5.1.3 Tábuas de madeira

Segundo dados da empresa, atualmente são usadas 2.100 tábuas de madeira e não há troca frequente, já que as mesmas são reutilizadas até não atenderem o padrão de funcionalidade para as quais são destinadas. Nos casos de substituição, as tábuas descartadas são armazenadas (Figura 29) até atingirem uma quantidade significativa e depois são descartadas.

Figura 29 – Armazenamento de tábuas de madeira descartadas



Fonte: Autora (2020).

5.1.4 Sacos de cimento

Seguindo os dados de produção, foi possível identificar quantas peças são produzidas com um metro cúbico (m^3) de concreto para resistência de 5Mpa, os dados obtidos estão listados na Tabela 6.

Tabela 6 – Produção de peças com 1 m^3 de concreto para 5Mpa

TIPO	QUANTIDADE
Bloco de concreto – 14x19x39cm	108 peças
Bloco de concreto – 9x19x39cm	144 peças
Canaleta de concreto – 14x19x39cm	108 peças

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Sabendo quantas peças foram produzidas no período estudado (pe), dividiu-se essa quantidade de peças pela quantidade de peças produzidas com um metro cúbico (m^3) de concreto para 5MPa, obtendo o volume total de concreto (m^3) para 5MPa produzido no período estudado. O volume de concreto para cada tipo de peça está listado na Tabela 7.

- Bloco de concreto de 14x19x39cm

$$\text{Volume de concreto}_{pe} = \frac{11.190}{108} = 103,61 \text{ m}^3$$

- Bloco de concreto de 9x19x39cm

$$\text{Volume de concreto}_{pe} = \frac{6.060}{144} = 42,08 \text{ m}^3$$

- Canaleta de concreto de 14x19x39cm

$$\text{Volume de concreto}_{pe} = \frac{145}{108} = 1,34 \text{ m}^3$$

Tabela 7 – Volume de concreto (m³) de 5MPa para cada tipo peça

TIPO	QUANTIDADE	VOLUME
Bloco de concreto – 14x19x39cm	11.190 peças	103,61 m ³
Bloco de concreto – 9x19x39cm	6.060 peças	42,08 m ³
Canaleta de concreto – 14x19x39cm	145 peças	1,34 m ³
Volume total		147,03 m³

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Dessa forma, usando o volume de concreto produzido no período estudado, multiplicou-se este volume pela quantidade de sacos de cimento usado em um metro cúbico (m³) de concreto para 5Mpa, que segundo a empresa corresponde a três sacos de cimento; resultando na quantidade total de sacos de cimento que foram utilizados na produção de cada tipo de peça no setor de blocos no período estudado. Os dados obtidos estão dispostos na Tabela 8.

- Bloco de concreto de 14x19x39cm

$$\text{Sacos de cimento}_{pe} = 103,61 \times 3 = 311 \text{ sacos}$$

- Bloco de concreto de 9x19x39cm

$$\text{Sacos de cimento}_{pe} = 42,08 \times 3 = 127 \text{ sacos}$$

- Canaleta de concreto de 14x19x39cm

$$\text{Sacos de cimento}_{pe} = 1,34 \times 3 = 4 \text{ sacos}$$

Tabela 8 – Quantitativo total de sacos de cimento na produção de blocos

TIPO	VOLUME	QUANTIDADE
Bloco de concreto – 14x19x39cm	103,61 m ³	311 sacos
Bloco de concreto – 9x19x39cm	42,08 m ³	127 sacos
Canaleta de concreto – 14x19x39cm	1,34 m ³	4 sacos
Quantidade total		442 sacos

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Sendo assim, a quantidade de sacos de cimento no período analisado descartados neste setor da empresa (incluindo todos os tipos de peças produzidas) totalizaram 442 sacos. Segundo dados da empresa, os sacos de cimento são armazenados até totalizarem uma quantidade significativa e são descartados no lixão da cidade (Figura 30).

Figura 30 – Descarte dos sacos de cimento



Fonte: Autora (2020).

5.2 Produção de peças pré-moldadas para estruturas de galpão

Nesse setor de produção, o principal resíduo gerado são os sacos de cimento, uma vez que as fôrmas metálicas usadas para a moldagem das peças passam por manutenção frequente reduzindo a quantidade de concreto fresco desperdiçada no processo de concretagem das mesmas (Figura 31). Outro tipo de resíduo identificado neste setor foi o concreto endurecido proveniente da quebra de arestas das peças no processo de desforma ou transporte para armazenamento (Figura 32), mas que representa uma quantidade pouco significativa e desconsiderada nesta análise.

Figura 31 – Peças pré-moldadas ainda na fôrma metálica



Fonte: Autora (2020).

Figura 32 – Peças concretadas com arestas danificadas



Fonte: Autora (2020).

5.2.1 Sacos de cimento

Para a determinação do volume de concreto (m^3) para 25Mpa utilizado em cada tipo de peça pré-moldada foi necessário utilizar o projeto estrutural fornecido pela empresa para identificar as seções e comprimentos das mesmas. Os dados obtidos estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 – Quantitativo de peças pré-moldadas produzidas

TIPO	QUANTIDADE	VOLUME DE CONCRETO
Pilar cabeça simples – 30x60cm	26	40m ³
Pilar reto – 30x40cm	14	21m ³
Viga T – vão de 27m	10	15m ³
Viga T – vão de 30m	16	24m ³
Vigas de travamento – 15x40cm	36	10,80m ³
Vigas complementares – 15x50cm	8	3m ³

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Segundo a dosagem de concreto fornecido pela empresa são usados oito sacos de cimento em um metro cúbico (m³) de concreto para 25Mpa. A partir da determinação do volume de concreto para cada tipo de peça (pç), multiplicou-se esse volume de concreto pela quantidade de sacos de cimento usados em um metro cúbico (m³) de concreto, resultando na quantidade total de sacos de cimento usados no período estudado (pe), como demonstrado na equação 3. Os dados obtidos estão dispostos na Tabela 10.

Tabela 10 – Quantidade total de sacos de cimento no período estudado

TIPO	QUANTIDADE
Pilar cabeça simples – 30x60cm	320 sacos
Pilar reto – 30x40cm	168 sacos
Viga T – vão de 27m	120 sacos
Viga T – vão de 30m	192 sacos
Vigas de travamento – 15x40cm	87 sacos
Vigas complementares – 15x50cm	24 sacos
Quantidade total	911 sacos

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Sendo assim, a quantidade de sacos de cimento no período analisado descartados neste setor da empresa (incluindo todos os tipos de peças produzidas) totalizaram 911 sacos.

Segundo dados da empresa, os sacos de cimento são armazenados até totalizarem uma quantidade significativa e são descartados no lixão da cidade.

5.3 Laboratório para ensaio de materiais

Na produção das peças pré-moldadas é normatizado pela ABNT NBR 9062 que seja realizado o controle tecnológico do concreto. Para isso, devem ser moldados corpos de prova de acordo com os parâmetros da ABNT NBR 5738, que no caso da empresa estudada são cilíndricos, com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm (Figura 33). Após os ensaios realizados com estes corpos de prova, os mesmos não possuem mais utilidade, já que são submetidos ao rompimento para determinação da resistência característica do concreto (Figura 34), gerando volume de resíduo constante, pois a cada m³ de concreto produzido na fábrica, deve ser coletada uma quantidade de corpos de prova.

Figura 33 – Moldes de corpos de prova cilíndricos de concreto



Fonte: Autora (2020).

Figura 34 – Corpos de prova após ensaios



Fonte: Autora (2020).

Segundo dados da empresa, para o controle tecnológico do concreto de 25MPa produzido para as peças pré-moldadas durante o período estudado, foram moldados três corpos de prova por cada m^3 de concreto. A partir dos dados da Tabela 9, que dispõe do volume de concreto de 25MPa produzido para cada tipo de peça, foi possível quantificar o total de corpos de prova moldados, multiplicando o volume de concreto pela quantidade de corpos de prova moldados para cada m^3 de concreto. Os dados estão dispostos na Tabela 11.

Tabela 11 – Quantidade de corpos de prova para cada tipo de peça pré-moldada

TIPO	VOLUME DE CONCRETO	QUANTIDADE
Pilar cabeça simples – 30x60cm	40m ³	120 CPs
Pilar reto – 30x40cm	21m ³	63 CPs
Viga T – vão de 27m	15m ³	45 CPs
Viga T – vão de 30m	24m ³	72 CPs
Vigas de travamento – 15x40cm	10,80m ³	33 CPs
Vigas complementares – 15x50cm	3m ³	9 CPs
Quantidade total		342 CPs

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Sabendo o peso médio unitário do CP de concreto (3,65kg), multiplicou-se esse valor pela quantidade de CPs para cada tipo de peça. Os dados obtidos estão dispostos na Tabela 12.

Tabela 12 – Peso total de concreto usado no controle tecnológico

TIPO	QUANTIDADE	PESO
Pilar cabeça simples – 30x60cm	120 CPs	438 kg
Pilar reto – 30x40cm	63 CPs	229,95 kg
Viga T – vão de 27m	45 CPs	164,25 kg
Viga T – vão de 30m	72 CPs	262,80 kg
Vigas de travamento – 15x40cm	33 CPs	120,45 kg
Vigas complementares – 15x50cm	9 CPs	32,85 kg
Peso total		1.248,30 kg

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Portanto, a quantidade de resíduo de concreto endurecido gerado pelo laboratório de ensaios da empresa foi de 1.248,30kg no período estudado.

6 PROPOSIÇÕES PARA A GESTÃO DOS RCC

6.1 Classificação dos Resíduos

A partir do levantamento dos resíduos gerados em diversos setores da empresa estudada, classificaram-se os mesmos usando os critérios da Resolução nº 307/02 do CONAMA, dispostos na Tabela 1.

Na Tabela 13 estão dispostos os tipos de resíduos levantados e sua classificação conforme a legislação citada.

Tabela 13 – Classificação dos resíduos levantados na empresa estudada

TIPO	CLASSIFICAÇÃO
Concreto endurecido	CLASSE A
Tábuas de madeira	CLASSE B
Sacos de cimento	CLASSE B

Fonte: Adaptado pela autora (2020).

Sendo assim, as características dos principais resíduos gerados na produção das peças pré-moldadas desta empresa estão classificados (conforme Resolução nº 307/02 do CONAMA) em:

- Classe A: resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados que são normatizados pela ABNT, podendo ser usados em camadas de pavimentação ou concreto sem função estrutural;
- Classe B: resíduos que podem ser reciclados para outras destinações e devem ser armazenados de forma que mantenha suas características para reciclagens futuras.

6.2 Armazenamento e descarte dos resíduos

A partir da classificação dos resíduos, é possível listar qual a forma adequada de armazenamento e descarte dos mesmos. Segundo os dados levantados, foi possível comprovar que o volume de resíduos gerados nos diversos setores da empresa é alto. Não há um plano de gestão dos resíduos gerados dentro dos ciclos produtivos da empresa, que incentive a não geração de resíduos. Também não há separação e nem armazenamento planejado dos

resíduos. Por outro lado, as sobras de concreto são reutilizadas na regularização de terreno da própria fábrica ou vendidas para terceiros, para uso com este mesmo fim, representando uma forma de reaproveitamento.

Entre todos os resíduos levantados, apenas as tábuas de madeira estão armazenadas e dispostas de forma que facilita uma possível reciclagem futura, como sugere a Resolução nº 307/02 da CONAMA. Os sacos de cimento e as sobras de concreto endurecido são armazenados a céu aberto no pátio da empresa, em local determinado para este fim, mas que estão sujeitos a intempéries (como chuva, exposição ao sol, entre outros) que podem prejudicar a reutilização ou reciclagem dos mesmos.

No Art. 10 da Resolução nº 307/02 da CONAMA é indicado que os resíduos Classe A sejam reutilizados ou reciclados na forma de agregados, seguindo as especificações das normas técnicas específicas para o beneficiamento e manejo deste tipo de resíduo. Para os resíduos da Classe B não há especificidade de reciclagem ou reutilização, no entanto abaixo estão listadas algumas sugestões de destinação final para ambos os tipos de resíduos:

- O concreto endurecido (Classe A) pode ser usado na construção de estradas ou como material para aterro e regularização de terrenos, como já é aplicada na empresa. Outra opção é beneficiar este resíduo, submetendo-o a um processo de beneficiamento e posterior separação granulométrica para determinação dos tipos de agregados para produção de concreto asfáltico, sub-bases de rodovias e concreto para produção de artefatos de concreto sem função estrutural como: meio-fio, blocos de vedação, caixas de passagem, entre outros. Para implantação desta última opção dentro do ciclo produtivo da empresa e de posse do levantamento quantitativo de resíduos, é necessário que se faça um estudo de viabilidade econômica para aquisição de maquinário para beneficiamento dos resíduos.
- A madeira (Classe B) pode ser reutilizada várias vezes e caso não seja possível mais reaproveitá-la pode ser tratada e triturada para uso na fabricação de papel ou uso como combustível.
- Os sacos de cimento (Classe B) devem retornar à fábrica para descarte adequado, considerando a grande elevada quantidade de sacos que são descartados na empresa. Uma opção para diminuição deste tipo de resíduo é com o uso de cimento a granel.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 que institui a PNRS, sugere um sistema de logística reversa junto com a coleta seletiva, além de orientar os geradores de resíduos a praticar a não geração, seguida da redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos mesmos.

É perceptível que o conceito de qualidade aliado à sustentabilidade dentro da indústria da construção civil tem causado mudanças na visão de geração e gestão de resíduos sólidos. Visto que esse tipo de indústria é uma das maiores consumidoras de matéria prima natural e também uma grande geradora de resíduos, a gestão e descarte correto de seus resíduos já representam uma parcela de contribuição na diminuição dos impactos nocivos ao meio ambiente.

Durante o período analisado foi possível quantificar alguns dos principais tipos de resíduos sólidos gerados em diferentes setores dentro da empresa estudada. Os resultados obtidos totalizaram aproximadamente 13.300 kg de concreto endurecido, que representa um volume considerável de resíduo com possibilidade de reaproveitamento. Outro tipo de resíduo levantado e com volume considerável foram os sacos de cimento, totalizando cerca de 1360 sacos.

Isso demonstra a importância de levantar as quantidades de resíduos gerados, que até então não era definido pela empresa. E, além disso, promover melhores condições de armazenamento e descarte dos resíduos gerados, estudar a viabilidade de reciclagem e reutilização dentro do ciclo produtivo da empresa, visto que a mesma produz diversos tipos de peças de concreto, algumas sem função estrutural, nas quais poderia se reutilizar os resíduos de concreto endurecido beneficiado.

Além da função econômica, a reutilização do concreto endurecido beneficiado reduziria a quantidade de insumos naturais, como a brita, gerando economia para a empresa e contribuindo com a redução de exploração de jazidas naturais deste insumo, ajudando com a questão ambiental e demonstrando a preocupação da empresa com a sustentabilidade e função social de boas práticas na área da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD.** Rio de Janeiro, p.11. Junho 2004a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, p.16. Junho 2004b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114. Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro. Junho 2004c.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** Rio de Janeiro. Junho 2004d.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.** Rio de Janeiro. Junho 2004e.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.** Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002.** Brasília DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção 1.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº. 348, de 16 de agosto de 2004.** Brasília DF, n. 158, 17 de agosto de 2004.
- BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, CASA CIVIL. **Lei nº 11.445, 05 de janeiro de 2007.** Brasília DF, n. 186, 05 de janeiro de 2007.
- BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, CASA CIVIL. **Lei nº 12.305, 02 de agosto de 2010.** Brasília DF, 02 de agosto de 2010.
- EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações.** 2 ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2017.
- JOHN, V.M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como material de construção.** Org. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal, 2001.

LIMA, Rosimeire Suzuki *et al* (org.). Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Série de Publicações Temáticas do Crea-Pr**, Paraná, p. 1-58, 2009.

NETO, J. C. M. **Gestão de resíduos de construção e demolição no Brasil**. 162p. São Carlos, 2005.

SERRA, S.M.B. *et al*. **EVOLUÇÃO DOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-moldado, São Carlos, p 1-10, 2005.

VASCONCELOS, A.C. **O CONCRETO NO BRASIL**. 2002. Disponível em:
<https://www.livrebooks.com.br/livros/o-concreto-no-brasil-augusto-carlos-de-vasconcelos-np-koo5ktgc/baixar-ebook>. Acesso em 30 de setembro de 2020.