

## **ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM UM EMPREENDIMENTO HOSPITALAR**

Fernanda Carvalhal de Oliveira<sup>1</sup>; Valdete Guariza dos Santos<sup>1</sup>; Vanderleia Maria da Penha Rissi<sup>1</sup>; Victor Pivetta Bouvier<sup>1</sup>; Saulo Pedrone da Rosa<sup>1</sup>; Andrielly Moutinho Knupp<sup>2</sup>.

1 Acadêmico(a) em Engenharia Civil, Faculdade Brasileira - Multivix Vitória

2 Docente, Mestre em Engenharia Ambiental, Faculdade Brasileira – Multivix Vitória

### **RESUMO**

O presente artigo consistiu na elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil, em um empreendimento hospitalar localizado em Serra - ES. E tem por objetivo principal a melhoria na segregação, quantificação, acondicionamento e transporte dos resíduos gerados, de modo a prover a destinação final adequada, minimizando os impactos ambientais que possam ser gerados. Para elaboração do plano, inicialmente, os resíduos gerados foram classificados conforme a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 307/2002 e, por conseguinte, foi feita a estimativa destes através do princípio de balanço de massa. Em seguida foi determinada para o empreendimento em questão a maneira mais adequada de acondicionamento, transporte e destino final. Foi observado neste trabalho que dos resíduos totais gerados, o maior percentual foi proveniente do concreto usinado, representando cerca de 50% (88,27 t), seguido pelos blocos de concreto com 25% (43,81 t), sendo ambos classificados como Classe A. Para o gerenciamento dos resíduos gerados foi constatado que a melhor forma de acondicionamento a ser empregada, devido ao grande volume de resíduos, são as baias e que o transporte deverá ser realizada por caminhões caçambas de acordo com a classificação dos resíduos, podendo estes serem destinados para usinas de reciclagem, de beneficiamento ou para aterros de resíduos da construção civil devidamente legalizados pelas normas ambientais. Desta forma, espera-se que o plano de gerenciamento de resíduos seja empregado no bloco B e replicado para todo empreendimento, a fim de minimizar o desperdício de material e os impactos ambientais no local.

**Palavras-chave:** Resíduos da construção civil. Plano de gerenciamento de resíduos. Empreendimento hospitalar.

### **1. INTRODUÇÃO**

A indústria da construção civil representa uma das atividades que contribuem significativamente para o elevado consumo de recursos naturais e, conseqüentemente, para a geração de resíduos da construção civil. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais ABRELPE (2016), no Brasil, cerca de 58% do total dos resíduos sólidos urbanos gerados são oriundos da construção civil, e ainda cerca de 41,6% destes são dispostos em lixões.

A resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 307 de 2002 define resíduos da construção civil (RCC) como: “os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos”. Ainda, esta resolução estabelece que os resíduos não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, vias públicas e em áreas protegidas por lei.

A crescente demanda de políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos, que visam à preservação dos recursos naturais e o cuidado com a saúde pública, obteve resposta com a aprovação e regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305 de 2010, cujo objetivo foi apresentar um conjunto de diretrizes compatíveis à gestão integrada e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos.

Segundo a Lei 12.305 (BRASIL, 2010), o gerenciamento de resíduos sólidos é o:

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos

Contudo, essas políticas caminham a passos lentos, uma vez que a falta de gerenciamento de resíduos torna as conseqüências geradas ainda piores, pois com a produção de resíduos aumentando consideravelmente, sem dispor de uma reutilização apropriada, reciclagem e disposição final adequada, acarretam vários problemas ao meio ambiente e à saúde da população (RIBEIRO; MORELLI, 2009).

Em contrapartida, conforme dispõe a legislação vigente, a responsabilidade de gerenciar este expressivo volume é dos respectivos geradores, porém, essa tarefa vem sendo realizada pelos municípios, em virtude dos resíduos serem dispostos nos logradouros públicos (ABRELPE, 2016).

Nagalli (2014) aponta que além dos impactos ambientais, a gestão inadequada dos RCC pode acarretar custos indesejáveis à obra. Desta forma, o gerenciamento desses resíduos deve atuar como um conjunto de ações operacionais que buscam minimizar a geração de resíduos em um empreendimento. Segundo Lima e Lima (2012) o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) é uma ferramenta eficaz que quantifica a geração de resíduos de construção, reformas, demolições, dentre outros, tendo como finalidade estabelecer diretrizes para o manejo e apropriada disposição dos resíduos gerados.

Diante do exposto, o presente estudo propõe a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil em um empreendimento hospitalar, a fim de minimizar os impactos ambientais e, conseqüentemente, na saúde da população.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. DEFINIÇÃO DE RESÍDUOS**

Conforme a ABNT, por meio da NBR 10.004/2004 (BRASIL, 2004), os resíduos sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Dentre os resíduos sólidos definidos, existem os da construção civil, que segundo dados da ABRELPE (2016), correspondem a cerca de 58% do total dos resíduos gerados no Brasil.

O CONAMA, na resolução nº 307 (BRASIL, 2002), define os resíduos sólidos da construção civil (RCC):

São os 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 obra, caliça ou metralha.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

De acordo com a Norma Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10004 (2004) os resíduos sólidos da construção civil são, em geral, ambientalmente classificados como inertes (Classe IIB), não apresentando constituintes solubilizados à concentrações superiores aos padrões da água potável. Porém, existem algumas exceções, como os resíduos de classes “C” e “D” especificados pela resolução nº307 de 2002 do CONAMA, que podem apresentar níveis de contaminantes que se enquadrem como não inertes, como seria o caso do gesso classificado como (Classe IIA), além dos resíduos de tintas, amianto, solventes e óleos que são considerados como perigosos (Classe I).

De acordo com uma pesquisa realizada por Pinto (1999), os resíduos da construção civil apresentam um baixo grau de periculosidade segundo a ABNT, porém o maior impacto ambiental relacionado a eles se deve pelo seu volume e o descarte irregular e aleatório no meio urbano, ocasionando o surgimento de aterros clandestinos, lixões a céu aberto, podendo causar o assoreamento de rios, a contaminação dos solos e lençóis, problemas nos sistemas de drenagem, dentre outros.

Para Porto e Silva (2010), a construção civil é um dos setores de produção que mais utiliza os recursos naturais. Formoso *et al.* (1996) afirma que as perdas muitas vezes são geradas por uma deficiência no processo de construção da obra que reflete em quantidades superiores às necessárias. acarretando custos adicionais de materiais, mão de obra qualificada, equipamentos, transportes, dentre outros.

## 2.3 PLANO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS

Com o aumento da quantidade de resíduos sólidos despejados no meio ambiente, tornou-se necessário contabilizar o volume gerado, e assim definir a possibilidade de reutilização ou reciclagem dos materiais. Essas medidas são de extrema importância na busca de minimizar os danos causados por seu descarte indevido. À vista disso,

introduziram-se no mercado empresas especializadas e legalmente habilitadas a recolher os resíduos sólidos, que mediante a insuficiência de alternativas para sua destinação, despertaram interesse em buscar opções de reuso, assim como na indústria da construção civil, que tem o exemplo das usinas de reciclagem, gerando benefícios econômicos e ambientais (PINTO, 1999).

De encontro com essa demanda, a Resolução CONAMA 307/2002 (BRASIL, 2002) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos a serem implementados por municípios e grandes geradores de RCC, a fim de determinar medidas mitigadoras aos impactos ambientais provocados por esses resíduos. As aplicações dessas medidas culminam no PGRCC, que contempla a caracterização dos resíduos, separação, acondicionamento, transporte e destinação.

Segundo Santos (2015), para a implantação do PGRCC é necessário estabelecer os princípios de reduzir, reutilizar e reciclar como prioridades constantes no canteiro de obras. Para a adequada aplicação desses princípios, faz-se necessário a realização de treinamentos direcionados aos envolvidos.

Em um estudo realizado por Tozzi (2006), foram consideradas duas obras, uma com a aplicação de uma metodologia para gerenciamento dos RCC, e outra apenas para o levantamento dos resíduos gerados no período de execução, permitindo a elaboração de um comparativo entre elas. Nos resultados obtidos, constatou-se que na obra em que foram aplicadas as práticas do gerenciamento, houve uma redução de aproximadamente 28% dos resíduos gerados, sendo reaproveitados (dentro e fora da obra) cerca de 45%, diminuindo significativamente o volume de disposição final.

Já para Arnosti e Trinca (2015), que realizaram um estudo semelhante, houve uma redução de aproximadamente 67% na geração de resíduos para a obra com o plano de gerenciamento implantado, além de uma economia de 60% nos custos com a destinação final dos resíduos gerados na obra. De modo geral, a implantação do PGRCC resultou em um canteiro de obra mais limpo e organizado, promoveu uma redução expressiva no volume de resíduos gerados, além de minimizar custos e impactos ambientais.

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho consiste na elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil durante a execução da obra de um empreendimento hospitalar. Será utilizada tanto uma abordagem qualitativa quanto quantitativa no estudo. A primeira, baseada nos aspectos observados em visita técnica relacionados às características dos diversos tipos de resíduos, o que subsidiará a estruturação do plano conforme a classificação dos RCC, o que implicará na forma de acondicionamento, transporte e destino final. A abordagem quantitativa está voltada para determinação da massa de resíduos gerados de forma a contribuir para melhor gestão dos resíduos gerados, através da aplicação do princípio do balanço de massa e das variáveis que permitirão fazer tal estimativa (quantidade de resíduos estimada em projeto, conversão de unidades de medida e índices de perda).

A seguir são apresentadas as premissas metodológicas consideradas no presente estudo.

### 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O empreendimento objeto deste estudo trata-se do Hospital Materno-Infantil, localizado em Colina de Laranjeiras, cidade de Serra - ES, conforme apresentado na Figura 1.

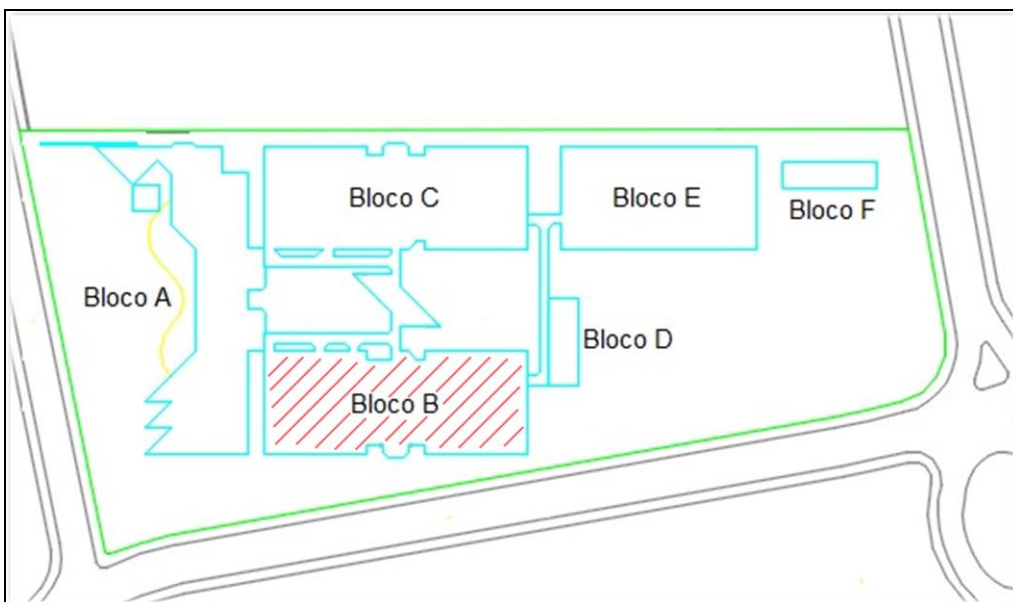
O empreendimento do Hospital Materno Infantil Colina de Laranjeiras consiste em um terreno de 25 mil metros quadrados, sendo 15 mil metros correspondentes à área construída. O projeto consiste em um prédio de três andares, divididos em sete blocos. A previsão é que existirão 120 leitos no total, sendo metade deles voltados para especialidade de pediatria e outra metade destinados à maternidade. Destes, existem ainda cinco unidades de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN), programa baseado na proposta de que 6,2 mil gestantes sejam atendidas por ano no local. (CONSÓRCIO WLAMIDAN, 2012).



**Figura 1:** Local do Hospital

Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

Por se tratar de uma obra de grande porte, para o presente estudo foi adotado apenas o bloco B (Figura 2), que se refere a uma unidade que possui elementos construtivos essenciais para um empreendimento hospitalar, contendo no primeiro pavimento maternidade e internação adulta e no segundo e terceiro pavimento a maternidade. O bloco contempla materiais utilizados em sua construção que, segundo estudos bibliográficos, demandam especial atenção no que tange ao gerenciamento de RCC, visto que possuem índices de desperdício consideráveis e estão presentes nas etapas que serão abordadas a seguir.

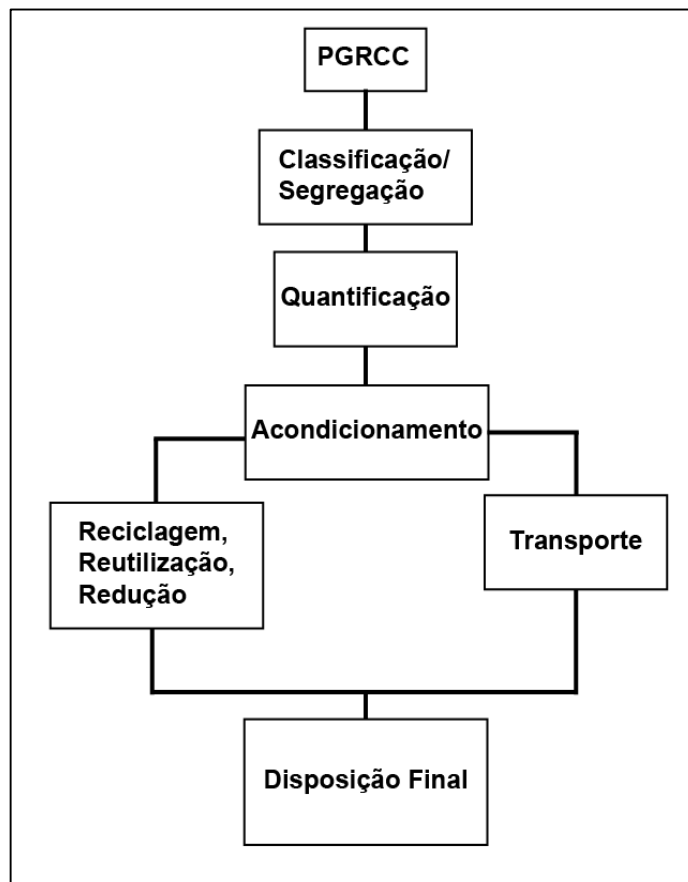


**Figura 2:** Disposição dos blocos.

Fonte: Adaptado de Consórcio Wlamidan (2012)

### 3.2 ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RCC

O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) é um documento técnico com papel de identificar e quantificar o volume de resíduos gerados e, assim, apontar a melhor maneira de acondicionar, transportar e definir sua destinação final ambientalmente adequada e suas etapas, conforme apresentada na Figura 3.



**Figura 3:** Fluxograma etapas do PGRCC

Fonte: Autores (2018)

#### 3.2.1 CLASSIFICAÇÃO

A resolução CONAMA 307/2002 define a classificação dos resíduos da construção civil em quatro classes, o que permite um melhor planejamento de gestão e manuseio, conforme apresentado no Quadro 1. Esta compreende uma etapa fundamental para o planejamento prévio do processo de reutilização e/ou reciclagem dos resíduos, pois estes são definidos conforme as características dos resíduos.



**Quadro 1 - Classificação dos resíduos sólidos conforme CONAMA 307/2002**

<b>Classificação</b>	<b>Definição</b>	<b>Resíduos</b>
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	<p>De construção, demolição, reformas e reparos, de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;</p> <p>De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc), argamassa e concreto;</p> <p>De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc) produzidas nos canteiros de obras.</p>
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações	Plástico, papel/papelão, metais, vidros, madeira, gesso e outros;
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem/recuperação	Oriundos do gesso (tratamento pelo gerador).
Classe D	São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção	Tintas, solvente, óleos e outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolição, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, assim como telhas e demais objetos, além de materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: Resolução CONAMA nº 307/02 (2002)

### 3.2.2 QUANTIFICAÇÃO

Fatores como o padrão de qualidade da obra, a técnica construtiva utilizada, a qualidade da mão-de-obra, o controle de perdas e desperdícios, assim como uma apropriada coordenação dos serviços executados, interferem diretamente na quantificação do volume de RCC previsto para determinada obra (COSTA, 2012).

Para estimar o volume de RCC gerados no empreendimento hospitalar estudado, foram considerados os dados de projeto fornecidos pela construtora, com base na quantidade de materiais gastos por cada etapa da obra. Neste caso foram analisadas apenas as etapas de superestrutura, vedação e acabamento, pois identificou-se maior geração de resíduos provenientes dessas fases, que estavam em andamento no ato da visita técnica, e por estarem visíveis nos locais de acondicionamento. As quantidades definidas no projeto são apresentadas na Tabela 1.

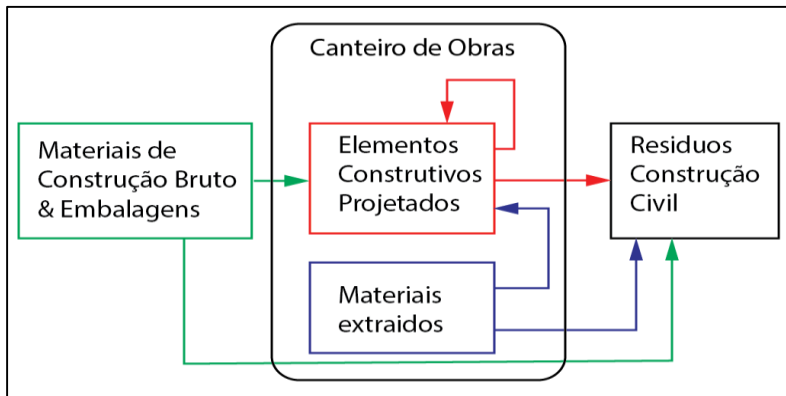
**Tabela 1:** Materiais de construção e quantidades de projeto.

<b>Material de construção</b>	<b>de</b>	<b>Quantidade de Projeto</b>	<b>de</b>	<b>Unidade</b>
Concreto usinado		1.839,00		m <sup>3</sup>
Aço		202.847,00		Kg
Blocos de concreto		11.128,84		m <sup>2</sup>
<i>Drywall</i>		2.439,23		m <sup>2</sup>
Argamassa		18.458,74		m <sup>2</sup>
Revestimento cerâmico		3.000,81		m <sup>2</sup>

Fonte: Adaptado de Consórcio Wlamidan (2012)

Na superestrutura será empregada a técnica de blocos de concreto convencionais para paredes externas, *drywall* para paredes internas e lajes protendidas. Na etapa de vedação e acabamento serão contemplados argamassa, cerâmica e gesso acartonado, pois tratando-se de uma obra de grande porte, a metragem quadrada possui um valor significativo, aumentando conseqüentemente o volume dos resíduos gerados.

Segundo LI (2013), a quantidade de material da construção civil desperdiçado pode ser mensurada a partir da quantidade necessária para a execução do projeto, sendo que cada tipo de elemento apresenta um percentual de perda e medidas diferente, tornando-se necessário a conversão de medidas igualando a unidade, sendo adotada a conversão para unidade de massa. Em geral, o fluxo de materiais de construção de um projeto é representado pela Figura 4.



**Figura 4:** Fluxograma de materiais de construção.

Fonte: Adaptado de LI (2013)

O princípio do balanço de massa consiste na soma dos materiais de construção pré-estabelecidos no projeto, suas embalagens e os materiais extraídos do local da obra. Estes devem ser iguais ao elemento construtivo previstos em projeto, mais os resíduos gerados na construção, conforme mostra a Equação (1) (LI, 2013):

$$(M_p + E) + M_e = E_p + RCC \quad (1)$$

Onde,

$M_p$  = Matérias primas construtivas

$E$  = Embalagens

$M_e$  = Material extraído do local da obra como solo, rochas e

$E_p$  = Elementos construtivos constatados em projeto

$RCC$  = Resíduos da construção civil

Para este estudo, foram adotados alguns parâmetros acerca da fórmula apresentada:

- Não será considerado o volume de embalagens, pois a obra já está sendo executada e esses materiais já foram descartados, não havendo um controle deste quantitativo, sendo, portanto, esta variável adotada como zero.
- O empreendimento não informou o volume de material extraído do local da obra, e desta forma, esta variável não será considerada.

### 3.2.2.1 Identificação do índice de conversão de unidades

Para a quantificação dos RCC, convencionalmente, utiliza-se a unidade de massa em quilogramas (kg) ou toneladas (t), e por isso faz-se necessário a aplicação de índices de conversão de unidades, visto que nos dados do projeto estudado os materiais foram considerados em diferentes unidades, incluindo a de volume.

Para quantificação dos resíduos, foi considerada a Tabela 2, contendo os pesos específicos dos materiais estudados, possibilitando a conversão de unidade de volume para a unidade adotada: tonelada (t).

**Tabela 2** - Peso específico dos materiais

<b>Material de Construção</b>	<b>Peso Específico (t/m<sup>3</sup>)</b>
Concreto usinado	2,4
Aço	7,8
Blocos de concreto	2,2
<i>Drywall</i>	0,222
Argamassa	1,9
Revestimento cerâmico	1,35

Fonte: Adaptado de KNAUF (2014); EMOP (2014); NBR 6120/80 (1980)

### 3.2.2.2 Identificação do índice teórico de perda dos materiais

O índice teórico de perdas representa percentual de resíduos que podem ser desperdiçados durante a execução de uma obra, ou seja, a fração de resíduos que podem ser gerados. A Tabela 3 apresenta os valores de índices teóricos de perdas considerados para estimar o quantitativo de RCC gerados.

**Tabela 3** – Índices teóricos de perdas de materiais

<b>Material de construção</b>	<b>Índice de Perdas (%)</b>
Concreto usinado	2
Aço	2,5
Blocos de concreto	3
<i>Drywall</i>	4
Argamassa	5
Revestimento cerâmico	2

Fonte: Adaptado de ESPINELLI (2005); TCPO (2008); ABRAGESSO (2011)

### 3.2.3 ACONDICIONAMENTO

O acondicionamento dos materiais gerados deve ser feito em um espaço amplo e de fácil acesso para seu recolhimento. Para o transporte externo realizado por caçambas, é aconselhável juntar um volume considerável a fim de que os caminhões transportem sua capacidade total, aproveitando ao máximo as viagens (LIMA & LIMA, 2009). No

Quadro 2, são apresentados os recipientes mais utilizados para o acondicionamento inicial.

**Quadro 2:** Principais formas de acondicionamento dos RCC.

Acondicionamentos	Materiais
Bombonas	Resto de madeira, sacaria de embalagens plásticas, aparas de tubulações, sacos e caixas de embalagens de papelão, papéis de escritório, restos de ferro, aço, fiação.
Bags	Serragem, EPS, restos de uniformes, botas, tecidos, panos e trapos, plásticos, embalagens de papelão.
Baias	Restos de madeira, ferro, aço, arames, argamassa.
Caçambas estacionárias	Blocos de concreto e cerâmico, argamassa, telhas cerâmicas, madeira, placas de gesso, solo.

Fonte: Adaptado de LIMA & LIMA (2009)

### 3.2.4 TRANSPORTE E DESTINAÇÃO FINAL

O transporte interno dos RCC normalmente é realizado por carrinhos de mão, giricas, elevadores de carga, guias e guinchos, que movimentam o material do acondicionamento inicial para o final. Já para o transporte externo são utilizados caminhões poli guindaste ou caçambas estacionárias (LIMA & LIMA, 2009).

De acordo com a resolução CONAMA 307/2002, os RCC devem ter sua destinação diferenciada de acordo com suas classes.

- Resíduos de Classe A: deverão ser reutilizados na forma de agregados ou encaminhados a aterros e resíduos classe A de preservação de material para usos futuros;
- Resíduos de Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- Resíduos de Classe C e D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

## 4 RESULTADOS

Na construção do Hospital em estudo, observou-se durante a visita técnica realizada no canteiro de obras, que há uma preocupação com os resíduos gerados, visto que os materiais são previamente separados. No entanto, o empreendimento ainda não possui um PGRCC, o que demanda melhorias no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos da construção civil.

Durante a visita e o levantamento quantitativo de projeto, constatou-se a presença dos seguintes resíduos, classificados conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** - Classificação dos resíduos da obra

Classificação 307/2002	CONAMA	Resíduos
A		Concreto usinado
		Blocos de Concreto
		Argamassa
		Revestimento cerâmico
B		Aço
C		<i>Drywall</i>

Fonte: Autores (2018)

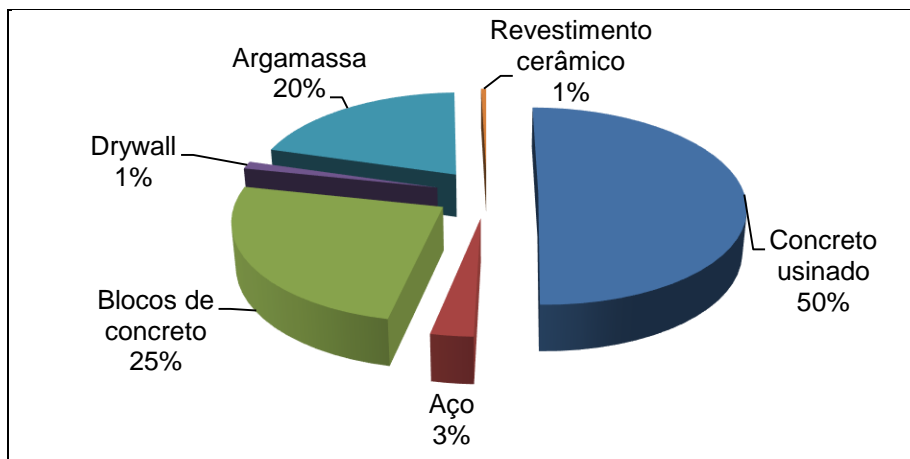
O quantitativo total de materiais previstos e/ou utilizados na execução da obra do hospital, bem como a massa de RCC gerados, referente ao bloco B nas fases de superestrutura, vedação e acabamento, são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** – Estimativa da quantidade total de material e RCC gerados

Material de construção	Total (t)	RCC (t)
Concreto usinado	4413,6	88,27
Aço	202,847	5,07
Blocos de concreto	1460,66	43,81
<i>Drywall</i>	53,66	2,14
Argamassa	701,43	35,07
Revestimento cerâmico	40,51	0,81
Total	6872,70	175,17

Fonte: Adaptado de Consórcio Wlamidan (2012); Autores (2018)

O Gráfico 1 mostra o percentual estimado de RCC na obra do bloco B.

**Gráfico 1:** Geração dos RCC na obra

Fonte: Autores (2018)

A partir do gráfico apresentado acima, o material de construção com maior percentual de geração de resíduos é o concreto usinado, representando cerca de 50% dos resíduos totais gerados (88,3 t aproximadamente). Por conseguinte, o segundo maior gerador são os blocos de concreto com 25% (43,81 t) e a argamassa como terceira maior geradora, correspondente a 20% (35,07 t) de resíduos.

Já outros materiais como aço (3%), *drywall* (1%) e revestimentos cerâmicos (1%) apresentaram índices inferiores em relação aos materiais supracitados. Este indicativo pode estar relacionado ao reaproveitamento dos materiais (placas de gesso acartonado, perfis metálicos, revestimento cerâmicos) e também são materiais com maior facilidade para estimar as medidas exatas necessárias para a realização do projeto, evitando desperdícios de produção, como é o caso de concretos e argamassas.

O quantitativo de resíduos sólidos gerados na construção civil tem como causa diversos fatores, desde o recebimento da matéria prima na obra, ao manuseio inadequado (acomodação no almoxarifado e deslocamento). Tais fatores influenciam na durabilidade e vida útil da maioria dos materiais, sendo responsáveis por uma grande parcela da geração dos resíduos.

A Tabela 6 apresenta a composição dos resíduos da construção civil e seus respectivos percentuais em diversos estudos realizados no Brasil.

**Tabela 6:** Composição dos RCC no Brasil

Tipo de RCC	Composição dos RCC
-------------	--------------------

	<b>Zordan (1997)</b>	<b>Angulo (2001)</b>	<b>Leite (2001)</b>	<b>Fonseca (2002)</b>	<b>Farias et al (2006)</b>	<b>Santos (2008)</b>
Argamassas	37,4 %	28%	28%	40,6%	39,4 %	23,6 %
Concreto	21,1 %	44%	15,2 %	12,5%	6,2%	14,1 %
Material Cerâmico	22,8 %	4%	26,3 %	25,7%	49,4 %	45,5 %
Pedras	17,7 %	23%	29,8 %	20,3%	4,7%	-
Gesso	-	-	-	-	-	6,3%
Outros	0,5%	0,1%	0,4%	0,9%	0,3%	10,5 %

Conforme as informações apresentadas na tabela acima, os materiais de construção com maior percentual de geração de resíduos são argamassa, concreto e material cerâmico. Com base nos índices teóricos de perdas e os materiais analisados neste estudo, destacaram-se com maior geração de RCC o concreto usinado com 50%, que se assemelha ao valor encontrado por Angulo (2001) de 44%; já o segundo maior percentual foi do bloco de concreto com 25%, que ficou mais próximo aos 25,7% de Fonseca (2002); e a argamassa, que foi o terceiro maior gerador com o valor de 20%, porém ainda inferior aos apresentados na Tabela 6. Cabe observar que os valores sofrem variação em função de alguns fatores como tipo de empreendimento, tecnologia construtiva empregada, região e dentre outras variáveis.

O acondicionamento dos resíduos gerados na obra do empreendimento hospitalar é realizado em montes numa área específica, conforme ilustrado nas Figuras 5, 6 e 7. Propõe-se para o adequado acondicionamento dos resíduos gerados, o armazenamento em baias devido ao considerável volume, conforme a classificação de cada um destes.





**Figura 5:** Resíduos de aço

Fonte: Autores (2018)



**Figura 6:** Resíduos de *drywall*

Fonte: Autores (2018)



**Figura 7:** Resíduos de argamassa, blocos e concreto

Fonte: Autores (2018)

O aço utilizado na etapa de superestrutura é o único material que é enviado para reciclagem, por ser de fácil aceitação no mercado como sucata, visto seu valor econômico e por ser um material com alto índice de reaproveitamento. Já blocos de concreto, argamassa, revestimentos cerâmicos e *drywall* ainda não são acondicionados, nem encaminhados para um destino final de acordo com a Resolução CONAMA 307/2002.

Os resíduos gerados no canteiro de obras deverão ser retirados de maneira correta e seu transporte poderá ser realizado por caminhões caçambas ou caminhões leves, pois assim estes resíduos serão destinados a partir de sua classificação para aterros de resíduos da construção civil ou usinas de reciclagem.

## 5 CONCLUSÃO

Diante do estudo realizado conclui-se que os resultados estimados encontrados são condizentes com os índices apresentados pelos autores da bibliografia analisada. O

método quantitativo garante uma boa gestão da obra quando seu planejamento é realizado de maneira correta, identificando os materiais com maior número de resíduos.

Segundo os resultados obtidos através do índice de perdas dos materiais, o resíduo com maior incidência relatada foi o concreto usinado com 50%, seguido pelos blocos de concreto (25%) e argamassa (20%). Os resíduos devem seguir um plano de gerenciamento, sendo classificados e acomodados de maneira correta, para que sejam transportados e tenham uma destinação final apropriada. Para a obra em questão, a melhor forma de acondicionamento indicada foi em baias, por existir um volume expressivo de resíduos. O transporte deve ser realizado por caminhões caçambas, podendo ter destinações distintas de acordo com sua classificação, seguindo para usinas de reciclagem ou aterros de resíduos da construção civil devidamente legalizados pelas normas ambientais. O ideal é que toda empresa faça parcerias com usinas e cooperativas, viabilizando a devida reciclagem dos resíduos gerados, o que oferece economia com custos para destinação final, e reduz o volume dos aterros.

Portanto, à vista dos resultados apresentados, o PGRCC torna-se uma medida eficaz para a indústria da construção civil, uma vez que com a aplicação do plano, permitiu-se identificar antecipadamente os elementos com maior geração de resíduos e, conseqüentemente, maiores perdas e custos na fase de projeto, com isso melhorando o gerenciamento de separação, acomodação, transporte e destinação final. Dessa maneira tende a promover a redução expressiva no volume de resíduos gerados, a limpeza e organização do canteiro de obras, além de minimizar a extração de recursos naturais, reduzir os custos e impactos ambientais.

Diante dos resultados deste trabalho, e de maneira a dar prosseguimento a este tipo de pesquisa, propõem-se sugestões para estudos futuros, dos quais o alvo principal é o setor da construção civil, em busca de respostas que contribuam com a crescente demanda de sustentabilidade e preservação do meio ambiente, tais como:

- Efetivação de testes laboratoriais com os resíduos da construção civil para possível reaproveitamento destes em técnicas construtivas com função estrutural;
- Promover parcerias entre as usinas e cooperativas de reciclagem e as empresas do ramo da engenharia civil;
- Pesquisa de incentivos que impulsione a anuência à aplicação do gerenciamento dos RCC, por parte das pequenas e grandes construtoras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ARNOSTI, S.; TRINCA, A. C. **Avaliação da implantação e desempenho do plano de gerenciamento de resíduos sólidos**: comparativos entre obras residenciais plurifamiliares. *HOLOS environment*, mai. 2015. Disponível em: <<https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/viewFile/8885/6687>>. Acesso em: 22 mai 2018.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE – **Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 17 mai 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120:1980. **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BLOCOS E CHAPAS DE GESSO - ABRAGESSO – **Vantagens e Aplicações**. 2015. Disponível em: <<http://www.abragesso.org.br/index3.php>>. Acesso em: 08 mai 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Dispõe sobre a política nacional de resíduos sólidos. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 2 mai. 2018.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002: **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

- COSTA, R. V. G. **Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa**. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental e urbana) – Universidade federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- EMOP. **Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em:<[www.riocusto.com.br/file/arquivos/tabelasEMOP.doc](http://www.riocusto.com.br/file/arquivos/tabelasEMOP.doc)>. Acesso em: 10mai, 2018.
- ESPINELLI, U. **A gestão do consumo de materiais como instrumento para a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras**. In: Seminário de Gestão e Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição – Avanços e Desafios. São Paulo. PCC USP, 2005. CD-ROM.
- FARIAS, C. A. S.; CARVALHO, J. B. Q. Avaliação do desempenho de blocos estruturais de concreto fabricados com entulho da construção civil. **Relatório de Estágio Supervisionado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande**, 2006.
- FONSECA, F. B. **Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados reciclados de rejeitos de construção e demolição**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- FORMOSO, C. T.; *et al.* **Sistemas de indicadores de qualidade e produtividade na construção civil**: manual de utilização. 3 ed. Rio Grande do Sul: UFRGS, 1996.
- KNAUF - **Manual de Instalação, Sistemas KnaufDrywall**. 2014. Disponível em:<[http://www.knauf.com.br/folder/manual/pdf/manual\\_instacao.pdf](http://www.knauf.com.br/folder/manual/pdf/manual_instacao.pdf)>. Acesso em: 8mai 2018.
- LEITE.B. M. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- LI, Y. **Developing a sustainable construction**: Waste estimation and management system. A thesis submitted to the Hong Kong University of Science and technology in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in civil engineerind, 2013.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil. Paraná, 2009. Disponível em: <[http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos\\_web2012.pdf](http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf)>. Acesso em: 8 mai. 2018.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

PINTO, T. de P. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. **Caso**, São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf>>. Acesso em: 3 mai. 2018.

PORTO, M. E. H. C.; SILVA, S. V. **Gestão do projeto de reaproveitamento dos entulhos de concreto gerados pela construção civil**. 2010.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 158, 2009.

SANTOS, A. N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Município de Petrolina (PE)** Dissertação. Recife: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UNICAP; 2008. 111p.

SANTOS, T. W. **Gestão de resíduos sólidos de construção civil em uma construtora de Vila Velha-ES**. Artigo (Graduação Engenharia de produção) - Faculdade Estácio Vitória - FESV, Vitória, 2015, 31p.

TCPO. **Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos**: Engenharia Civil, Construção e Arquitetura. 13 Ed. São Paulo: PINI, 2008.

TOZZI, R. F.; **Estudo da influência do gerenciamento na geração dos resíduos da construção civil (RCC)**: Estudo de caso de duas obras em Curitiba/PR. Dissertação (Mestrado em Engenharia de recursos hídricos e ambiental) – Pós-graduação em engenharia de recursos hídricos e ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 117p.

ZORDAN, E.Z. **Utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1997.140p.