

III-045 - BASES PARA A ESTRUTURA/ARCABOUÇO DE FUTURO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO EM CANTEIROS DE OBRAS VERTICAIS, APOIADO NO FUNCIONAMENTO DO AHP

Romão Manuel Leitão Carrapato Direitinho⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São Carlos-SP(UFSCar). Mestre em Estruturas e Construção Civil pelo PPGE Civ, da Universidade Federal de São Carlos-SP (UFSCar). Doutorando em Estruturas e Construção Civil no PPGE Civ, da Universidade Federal de São Carlos-SP.

José da Costa Marques Neto⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Mestre em Engenharia Civil pela EESC/USP. Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental pela EESC/USP.

Rodrigo Eduardo Córdoba⁽³⁾

Graduado em Engenharia Civil, Mestre e Doutor em Ciências (área: Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento) pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP).

Endereço⁽¹⁾: Rua das Margaridas, 45, AP 03, Bairro Cidade de Jardim, 13566-543, São Carlos-SP - Brasil - Tel: (16) 98143-9007 e-mail: romao.direitinho@gmail.com

Endereço⁽²⁾: Rodovia Washington Luiz, s/n, São Carlos - SP, 13565-905 – Brasil – Tel: (16) 3351-8163 e-mail: joseneto@ufscar.br

Endereço⁽³⁾: Rodovia Washington Luiz, s/n, São Carlos - SP, 13565-905 – Brasil – Tel: (16) 3351-8163 e-mail: cordoba@ufscar.br

RESUMO

Os resíduos da construção civil (rcc's) são um dos principais poluidores do meio ambiente (pelo enorme volume gerado e descarte inadequado). A maioria dos trabalhos enfoca seu gerenciamento público, e não o privado em edificações verticais, que visa o lucro, o qual é apenas um dos critérios a considerar. Métodos multicriteriais são pois adequados para definir o esqueleto/"framework" para gerenciar adequadamente RCC's gerados em canteiros privados de edificações verticais. O AHP, criado por Thomas Saaty, e amplamente aplicado em problemas complexos de diversas áreas, é dos mais usados dentre esses métodos. Pode servir de charneira/apoio ao desenvolvimento de ferramenta mais robusta, um sistema de apoio à decisão (SAD). Este artigo objetiva definir então o tal esqueleto básico para posterior desenvolvimento do SAD, que não existe no país, quando projetado para o uso de construtoras privadas de edifícios verticais. Começou-se por revisão bibliográfica sobre o AHP, concluindo-se existirem diferenças na sua aplicação, entre autores. E também pela vantagem de o associar a modelação matemática empírica, para montagem da base de dados necessária. Foi montada uma proposta de aplicação do AHP em quatro níveis, e preenchidas suas matrizes por especialistas. Elaborado/respondido questionário, feita coletados dados de geração de RCC's em edifícios verticais, recolhidos documentos sobre procedimentos gerenciais, elaborado diagnóstico sobre gerenciamento em canteiro vertical, e pesquisada uma estrutura, e respectivo tratamento estatístico, de modelo matemático empírico para previsão do quantitativo gerado de resíduos em edificações verticais.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de RCC, Método AHP, Sistemas de apoio à decisão..

INTRODUÇÃO

Tavares, L.P.M. (2007), refere que em suas atividades como construção, reformas, manutenção e demolição, a construção civil dá origem a uma significativa massa de resíduos (RCC/RCD), os quais são prejudiciais ao meio ambiente, causando grandes impactos no mesmo.

A gestão dos RCC/RCD gerados em obra é **um problema multicriterial** pois responderá simultaneamente a questões econômicas, ambientais, de legislação e outras até.

Rodriguez, D.S.S., Costa, H.G. e do Carmo, L.F.R.R.S. (2013), mapearam 32 artigos sobre métodos multicriteriais de auxílio à decisão, aplicados em Planejamento e Controle da Produção: 50% deles eram sobre um único método, o AHP. O mesmo método, juntamente com o ELECTRE (25%) e o MAUT (12,5%),

representavam 87,5% do total de artigos. Embora existam muitos outros métodos multicriteriais, isso sugere que o AHP seja o mais utilizado.

Este artigo, partindo de revisão bibliográfica sobre a aplicação do método AHP a problemas em várias áreas de conhecimento, centrando depois mais na área ambiental e mais especificamente na área de resíduos sólidos (RS), tenta começar por resolver a questão/problema de como melhorar a gestão dos RCC/RCD em canteiros de edificações verticais por parte das construtoras privadas, propondo para isso uma estruturação do método AHP em 4 níveis, envolvendo critérios de 6 classes diferentes. Ao longo do processo, encontraram-se diferenças na forma de aplicação do AHP entre autores, que é algo que normalmente também não costuma ser abordado em artigos. Tal proposta de estruturação do método AHP, no sentido da resolução do problema, deverá no entanto posteriormente ser integrada numa ferramenta informática mais robusta, preferencialmente um sistema de apoio à decisão (SAD), a qual carece da elaboração do correspondente algoritmo, e montagem da respectiva base de dados a ser utilizada pela ferramenta.

Uma pré-avaliação das condições reais do gerenciamento dos RCC numa obra objeto de estudo-piloto, fornece as condições ideais para posterior aperfeiçoamento do estudo, no sentido de desenvolver a ferramenta informática de apoio à decisão.

O objetivo principal do artigo é o de montar uma estrutura-base (esqueleto/"framework") que permita depois futuramente chegar a uma ferramenta informática mais robusta, o sistema de apoio à decisão (SAD), o qual auxilie os decisores privados a tomar a melhor opção quanto ao gerenciamento dos RCC gerados em seus canteiros verticais, em função de cenários possíveis. Diminuindo a geração, melhorando os fluxos, com custos menores, e com menores deposições finais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Especificamente em relação ao método básico do artigo, o AHP, a seguinte sequência/metodologia foi realizada:

Passos:

- 1 - Estudo do AHP em um problema de área de conhecimento genérica;
- 2 - Estudo da aplicação do método a problema ambiental;
- 3 - Estudo da aplicação do método a problemas de resíduos sólidos (embora não sobre o gerenciamento de RCC em canteiros de obras);
- 4 - Identificação de diferenças na aplicação do AHP;
- 5 - Identificação de fatores críticos/importantes de/no AHP;
- 6 - Definição do objetivo último/meta do problema na estrutura proposta para aplicação do AHP;
- 7 - Definição das classes de critérios e dos respectivos subcritérios a serem adotados na estrutura proposta para aplicação do AHP;
- 8 - Definição da construção de alternativas a serem adotadas na estrutura proposta para aplicação do AHP;

Etapas adicionais da metodologia incluem:

- 9 - Revisão bibliográfica inicial sobre os principais aspectos pertinentes aos RCC, e sua gestão em obras de edificações verticais;
- 10 – Elaboração e aplicação de um questionário;
- 11- Recolha de dados fotográficos (visitas de campo);
- 12 - Elaboração de diagnóstico da situação real do gerenciamento de RCC dentro de um canteiro de obras vertical objeto de estudo-piloto;
- 13 - Recolha de procedimentos e registos/documentos do construtor;
- 14- Estudo de dissertação de mestrado sobre geração de RCC em canteiros de edificações verticais;
- 15 - Revisão profunda de métodos estatísticos;

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A) Resíduos de Construção Civil ou Resíduos de Construção e Demolição (RCC/RCD)

Marques Neto, J.C. (2009) destaca que dentre os resíduos sólidos urbanos (RSU), os RCC/RCD enquadram-se pela NBR 10.004 (ABNT, 2004) na classe II-B (inertes) e essa norma os define como "... resíduos que, quando amostrados de forma representativa, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, não tiverem nenhum dos seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se os padrões de aspeto, cor, turbidez, e sabor."

B) Instrumentos normativos e legais brasileiros sobre RCC e classificação desses resíduos

i) Resoluções CONAMA

Para Lordêlo, Evangelista e Ferraz (2006), a Resolução Conama 307/2002 foi a principal medida legal tomada no Brasil quanto aos RCC/RCD. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão de RCC, definindo ações necessárias para minimizar os impactos ambientais. Define a ordem de prioridades na gestão dos RCC em canteiros, decrescentemente: 1- Não gerar; 2- Reduzir; 3 – Reusar; 4 – Reciclar; 5– Destinar de forma ambientalmente adequada.

Artigo 3º: Define classificação para os RCC e quais pertencem a cada classe (figura 1).

Tipo de RCC	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS	DESTINAÇÕES
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	-Resíduos de pavimentação e outras obras de infraestrutura, inclusive solos de terraplenagem; - resíduos de componentes cerâmicos (tijolos, telhas, etc) argamassa e concreto; - resíduos provenientes de fabrico-demolição de peças pré-moldadas em concreto (tubos, blocos, etc) produzidas nos canteiros	Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterros de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura
Classe B	Resíduos recicláveis	Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros	Reutilização/reciclagem ou encaminhamento às áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos a permitir a sua utilização ou reciclagem futura
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam reciclagem/recuperação	Produtos oriundos do gesso	Armazenamento, transporte e destinação final conforme normas técnicas específicas
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção	-tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros	Armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas

Figura 1: Classificação dos RCC segundo a CONAMA n° 307/2002 (Fonte - Adaptado de Lima, R.S. e Lima, R.R.R. , 2012)

Artº 10º: refere os destinos para as classes (ver tabela 1 a seguir).

Tabela 1: Destinação para os diversos tipos de RCC (Fonte - Sinduscon de SP, 2005, apud Lima, R.S. e Lima, R.R.R. , 2012)

TIPOS DE RESÍDUO	CUIDADOS REQUERIDOS	DESTINAÇÕES
Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, outros componentes cerâmicos, concreto, tijolos e assemelhados	Privilegiar soluções de destinação que envolvam a reciclagem dos resíduos, de modo a permitir seu aproveitamento como agregado	Áreas de transbordo e triagem, Áreas para reciclagem, ou Aterros de Resíduos da construção civil licenciados pelos órgãos competentes; os resíduos classificados como classe A (blocos, telhas, argamassas e concreto em geral) podem ser reciclados para uso em pavimentos e concretos sem função estrutural
Madeira	Para uso em caldeira, garantir separação da serragem dos demais tipos de madeira	Atividades econômicas que possibilitem a reciclagem destes resíduos, a reutilização de peças ou o uso como combustível em fornos ou caldeiras
Plásticos (embalagens, aparas de tubulações, etc)	Máximo aproveitamento dos materiais contidos e a limpeza da embalagem	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos
Papelão (sacos e caixas de embalagens) e papeis (escritório)	Proteger das intempéries	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Metal (ferro, aço, fiação revestida, etc)	Não há	Empresas, cooperativas, associações de coleta seletiva que os comercializam ou reciclam
Serragem	Ensacar e proteger das intempéries	reutilização em superfícies impregnadas com óleo para absorção e secagem, produção de briquetes (geração de energia) ou outros usos.
Gesso em placas cartonadas	Proteger das intempéries	É possível a reciclagem pelo fabricante ou empresas de reciclagem
Gesso em revestimentos e artefatos	Proteger das intempéries	É possível o aproveitamento pela indústria gesseira e empresas de reciclagem
Solo	Caracterização prévia para definir destinação	Desde que não contaminados, destinar a pequenas áreas de aterramento ou aterros de RCC, ambos devidamente licenciados pelos órgãos competentes.
Telas de fachada e de proteção	Não há	Reaproveitamento para fazer bags, sacos ou por recicladores de plástico.
EPS (poliestireno expandido - Exº: isopor)	Confinar, evitando dispersão	Destinação para empresas, cooperativas, ou associações de coleta seletiva que os comercializem, reciclem ou aproveitem para enchimentos.
Materiais, instrumentos e embalagens contaminados por resíduos perigosos (Exº: embalagens plásticas e de metal, instrumentos de aplicação como brochas, pinceis, trinchas e outros materiais auxiliares como panos, trapos, estopas, etc)	Maximizar a utilização dos materiais, para a redução dos resíduos a descartar.	Encaminhar para aterros licenciados, para recepção de resíduos perigosos.

Segundo Brum, F.M. (2013), a CONAMA 307/2002 sofreu 3 revisões: resolução CONAMA nº 348/2004, que incluiu o amianto na classe D (resíduos perigosos); CONAMA nº 431/2011, que mudou o gesso da classe C para a B; CONAMA nº 448/2012, onde foram alterados os artºs. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º e revogados os artigos 7º, 12º e 13º, para ajustar a resolução inicial ao disposto na Lei 12.305/2010. O PGRCC passou a designar-se Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, preservando diretrizes e responsabilidades dos grandes geradores.

Entretanto, uma quarta revisão surgiu, a CONAMA nº 469/2015, que altera o artigo 3º, IV (Classe D) da CONAMA nº 307/2002, introduzindo os parágrafos primeiro “...são consideradas embalagens vazias para tintas imobiliárias, aquelas cujo recipiente tem apenas filme seco de tinta sobre o revestimento interno, sem o acúmulo de resíduos de tinta líquida.” e segundo, que declara “...as embalagens de tintas utilizadas na construção civil serão submetidas a um sistema de logística reversa, de acordo com os requisitos da Lei nº 12.305/2010, que contempla o descarte ambientalmente adequado dos resíduos de tintas presentes nas embalagens.”

ii) Lei Federal 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos, PNRS)

Para Brum, F.M. (2013), dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (RS), incluindo responsabilidades dos geradores, do poder público, e instrumentos econômicos aplicáveis. A responsabilidade dos geradores e do poder público, surge por intermédio dos Planos de Resíduos Sólidos que se dividem em 4 níveis administrativos (ver figura 2).

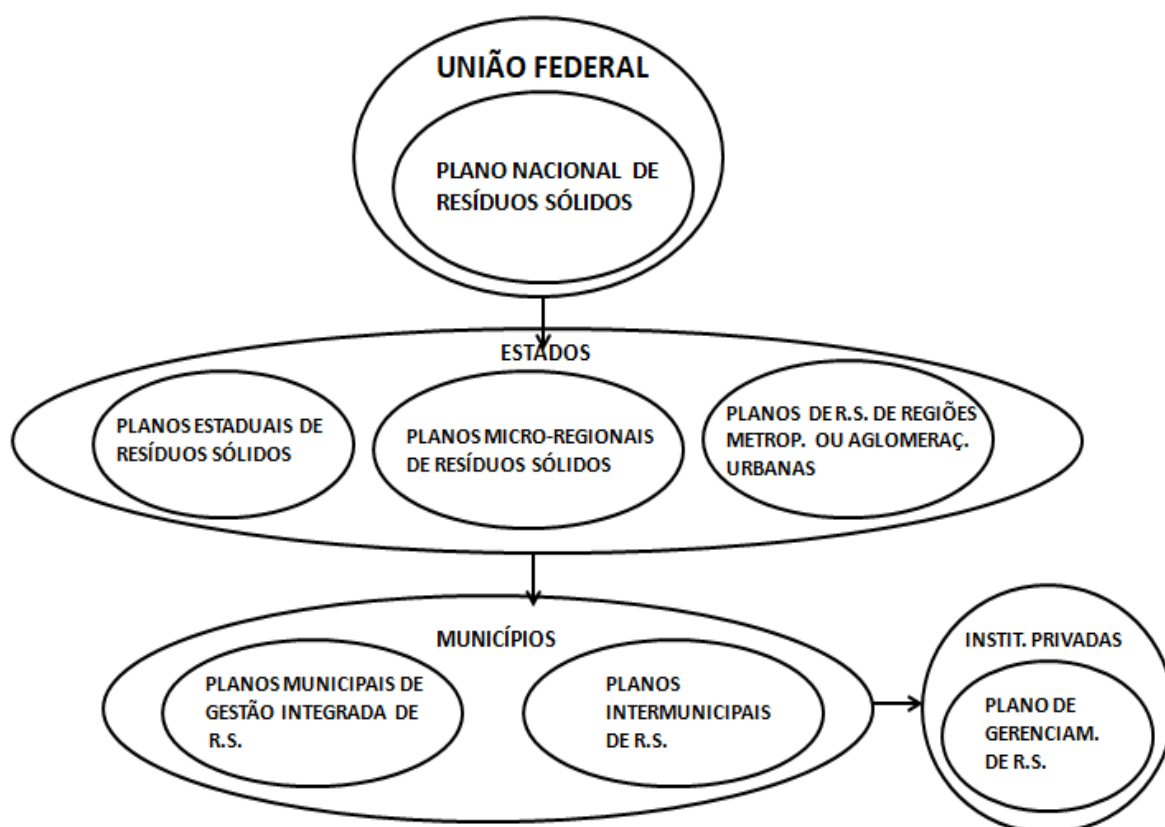


Figura 2: Estrutura dos Planos de Resíduos Sólidos (Fonte - Adaptado de Brum, 2013)

iii) Normas nacionais sobre ou correlacionadas a RCC/RCD

São elas: NBR 15.112:2004; NBR 15.113:2004; NBR 15.114:2004; NBR 15.115:2004; NBR 15.116:2004. Os escopos são os da tabela 2.

Tabela 2: Normas Técnicas Brasileiras de 2004 relacionadas aos RCC/RCD (Fonte - Brum, F.M., 2013, adaptado a partir de Miranda, Angulo e Careli, 2009)

NORMAS	ANO	CONTEÚDO
NBR 15.112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Área de transbordo e triagem - Diretrizes para Projeto, Implantação e operação	2004	Procedimentos para áreas de transbordo e triagem dos resíduos de diversas classes, incluindo o controle e proteção ambiental
NBR 15.113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para Projeto, Implantação e operação	2004	Procedimentos para preparo de locais a receber resíduos classe A, incluindo proteções das águas e ambiental, orientando sobre planos de controle e monitoramento
NBR 15.114: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para Projeto, Implantação e operação	2004	Procedimentos para isolamento da área e para o recebimento, triagem e processamento de resíduos classe A
NBR 15.115: Agregados reciclados de Resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos	2004	Características dos agregados e as condições para uso e controle na execução de reforço de sub-leito, sub-base, base e revestimentos primários
NBR 15.116: Agregados reciclados de Resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos	2004	Características dos agregados, condições de produção e condições para o emprego de agregados em pavimentação e concreto sem função estrutural

iv) Gerenciamento de RCC/RCD – Etapas e Prioridades/Objetivos

A resolução CONAMA nº 448/2012 refere “... etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com...”.

O intuito do gerenciamento dos RCC será, por ordem de prioridades: não gerar, reduzir a geração, reutilizar, reciclar, e proceder à disposição final (figura 3).

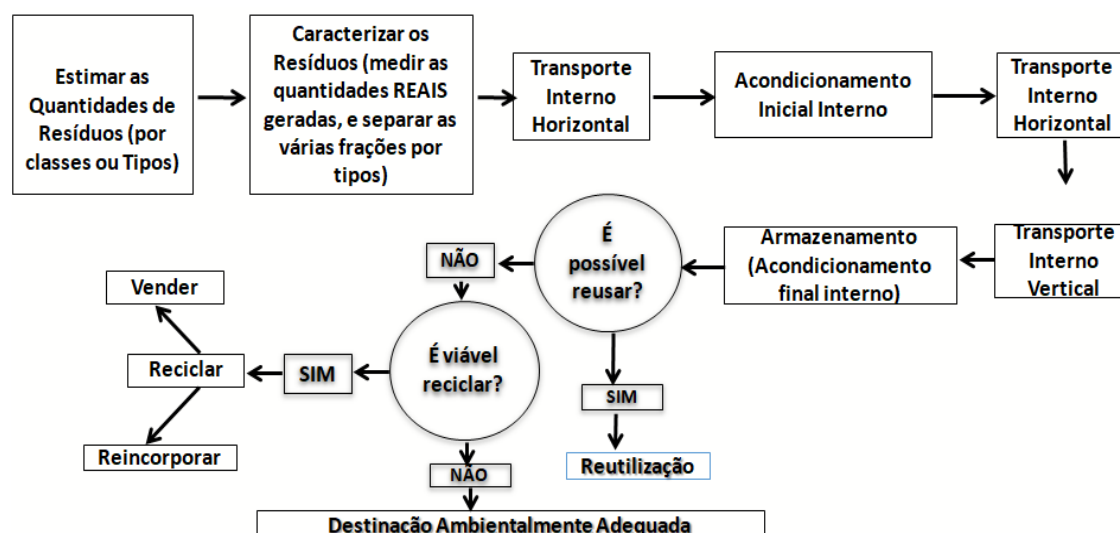


Figura 3: Fluxograma genérico das etapas de gerenciamento de RCC/RCD em canteiros de edificações verticais (Fonte – o autor, 2018)

v) Métodos multicriteriais de apoio à decisão

Neles existe um ou vários decisores, a definição de uma meta, de um conjunto de critérios e de objetivos a serem perseguidos, e um conjunto de alternativas das quais uma será selecionada.

Figueira, Greco e Ehrgott (2005) e Polatidis et al (2006) classificam-nos em: métodos de superação/sobreclassificação, e métodos da Teoria da Utilidade Multiatributo.

O método AHP pertence aos segundos, e é provavelmente o mais difundido, entre os mais usuais (ELECTRE, PROMETHEE, MAUT, o método da Lógica Fuzzy, o TOPSIS, e outros).

O MÉTODO AHP

Foi desenvolvido por Thomas Saaty, na década de 1970, na Universidade da Pensilvânia. Desde então foi extensivamente aplicado nos mais variados problemas complexos. A figura 4 traduz uma sua descrição sintética, sendo os respectivos passos enumerados depois dela.

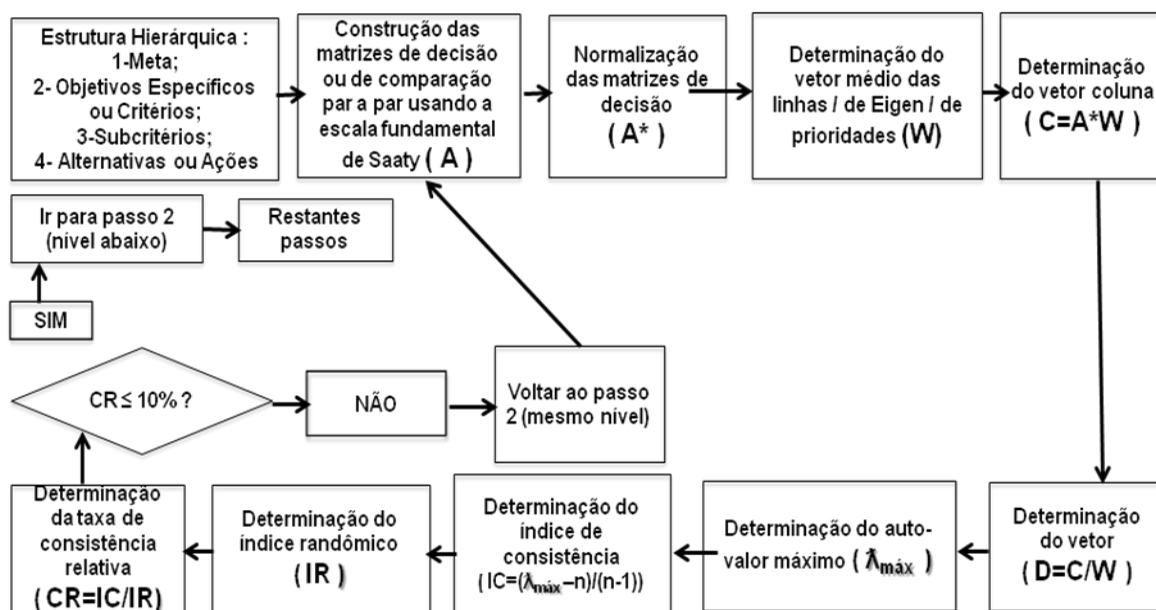


Figura 4: AHP - as etapas do método (Fonte – o autor, 2018)

Passo 1 – Estrutura hierárquica para o problema (níveis): a de Saaty, aplicada por muitos autores, na figura 5.

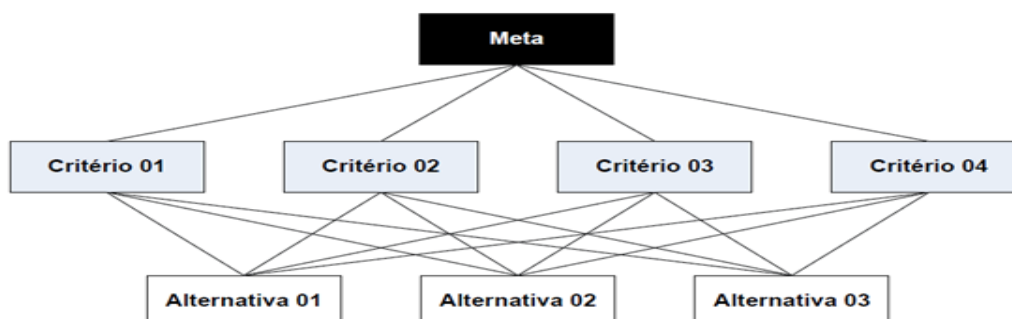


Figura 5: AHP - Estrutura hierárquica “clássica” do método AHP (Fonte – Vargas, R.V. , 2010)

É uma estrutura em 3 níveis (meta do problema, critérios, alternativas/ações), sendo o objetivo escolher a melhor alternativa para atingir a meta. O número de critérios e alternativas pode variar. Em problemas mais “complexos” podem aparecer níveis intermediários.

Passo 2 – Matrizes de decisão [A]: comparam par a par os elementos de um determinado nível, segundo a respectiva importância para o nível acima, começando pelo nível 2. Daí para baixo cada nível tem as suas matrizes [A]. Essa importância é determinada segundo a escala da figura 6.

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância.	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre outra.	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial.	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada.	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta.	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores Intermediários.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Figura 6: AHP - Escala fundamental de Saaty (Fonte – Oliveira, C.A. de; Belderrain, M.C.N., 2008)

São matrizes quadradas de ordem n, e recíprocas (figura 7).

$$\begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \cdots & 1 \end{vmatrix}$$

Figura 7: Matriz de decisão do método AHP (Fonte – Oliveira, C.A. de; Belderrain, M.C.N., 2008)

Passo 3 – Normalização das matrizes [A]: divide-se cada seu elemento pelo valor soma da respectiva coluna.

Passo 4 – Vetor médio das linhas/de prioridades, (W): Cada elemento é a média aritmética dos elementos da respectiva linha da matriz normalizada. Esses valores significam o peso que o critério/subcritério/ação tem para a meta.

Passo 5 – Vetor coluna, (C): resulta de multiplicar a matriz [A] pelo vetor (W).

Passo 6 – Vetor (D) = (C)/(W)

Passo 7 – Determinação de $\lambda_{\text{máx}}$: determina-se o valor soma dos elementos de (D) e calcula-se a respectiva média aritmética. Esse valor médio é o $\lambda_{\text{máx}}$.

Passo 8 – Índice de consistência, IC: $IC = ((\lambda_{\text{máx}} - n) / (n - 1))$

Passo 9 – Índice randômico, IR: função de n (valores na figura 8).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Figura 8: Valores de IR (Fonte – Saaty, apud Ventura, 2009)

Passo 10 – Taxa de consistência relativa, $CR: CR = (IC / IR)$

IMPORTANTE – para que [A] seja **consistente**, $CR \leq 10\%$. Se não acontecer, retornar ao passo 2 e fazer uma reavaliação dos pesos atribuídos às comparações par a par, até que $CR \leq 10\%$. Isso validará os resultados. Se no final do passo 10 $CR \leq 10\%$ torna-se ao passo 2, mas para o nível hierárquico abaixo. Para determinar a melhor alternativa/ação, depois de repetir os passos para o nível 3 (alternativas/ações), calculava-se o valor do somatório de produtos dos vetores (W) de cada uma delas dentro de cada critério pela importância (W) do próprio critério para a meta do problema.

DISCUSSÃO E RESULTADOS

A) Proposta de estrutura do AHP em 4 níveis hierárquicos, para resolução do problema

Os níveis são os da figura 9.

NÍVEIS HIERÁRQUICOS						
1 = META DO PROBLEMA	OTIMIZAR GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS					
2 = (CLASSES DE) CRITÉRIOS	AMBIENTAIS	SOCIAIS	ECONÔMICOS	LEGISLAÇÃO	ESTRATÉGICOS	OPERACIONAIS
3 = SUBCRITÉRIOS	ESPECIFICADOS ADIANTE					
4 = AÇÕES	NO CASO SÃO COMBINAÇÕES DE AÇÕES PASSÍVEIS DE REALIZAR COM AS VÁRIAS CLASSES DE RESÍDUOS					

Figura 9 – Proposta para aplicação do AHP na melhoria do gerenciamento de RCC/RCD em canteiros de edificações verticais (Fonte - O autor, 2018)

Os subcritérios, dentro das várias classes, na proposta, e que já estão no nível hierárquico 3, são os das figuras 10, 11, 12 e 13.

Critérios ambientais - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:

- 1 – política ambiental da empresa
- 2 – vantagens ambientais
- 3 – desvantagens ambientais

Critérios sociais - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:

- 1 – condições de vizinhança da obra
- 2 – política de responsabilidade social da empresa
- 3 – existência de prêmios/incentivos

Critérios de legislação – propõem-se os SUBCRITÉRIOS:

- 1 – legislação municipal sobre RCC
- 2 – legislação estadual sobre RCC
- 3 – legislação federal sobre RCC

Figura 10 – Sub-critérios ambientais, sociais e de legislação da proposta (Fonte - O autor 2018)

Critérios econômicos - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:

- 1 – retorno sobre os investimentos efetuados
- 2 – diminuição dos riscos de acidentes de trabalho
- 3 – benefício na produtividade
- 4 – distância relativa à ATT mais próxima
- 5 – distância relativa ao AS mais próximo
- 6 – distância relativa à usina de reciclagem mais próxima
- 7 – capacidade financeira da empresa
- 8 – quantidade de RCC gerados
- 9 – composição de RCC gerados
- 10 – facilidade em vender os RCC reciclados

Figura 11 – Sub-critérios econômicos da proposta (Fonte - O autor, (2018))

Critérios estratégicos - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:

- 1 – grau de compromisso da administração
- 2 – grau de compromisso do gerente e mestre de obras
- 3 – grau de compromisso dos funcionários em geral
- 4 – grau de compromisso dos projetistas
- 5 – importância dada (pela administração) à reputação
- 6 – definição de metas (redução, reutilização, reciclagem)
- 7 – definição clara de responsabilidades

Figura 12 – Sub-critérios estratégicos da proposta (Fonte - O autor, 2018)

Critérios operacionais - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:

- 1 – melhoria da organização do canteiro
- 2 – equipamentos de transporte interno disponíveis
- 3 – equipamentos de condicionamento interno disponíveis
- 4 – periodicidade da triagem
- 5 – habilidade/treinamento dos funcionários
- 6 – instante da triagem
- 7 – localização dos equipamentos de condicionamento

Figura 13 – Sub-critérios operacionais da proposta (Fonte - O autor, (2018))

A figura 14 traduz as ações possíveis de realizar com as várias classes de resíduos definidas.

<div> <div>AÇÕES</div> <div>CLASSES</div> </div>	REDUZIR	REUSAR	RECICLAR E REINCORPORAR	RECICLAR E VENDER	DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE ADEQUADA	DEVOLVER	VENDER
CLASSE A	X	X	X	X	X		
CLASSE B	X	X		X	X		
CLASSE C	X				X		
CLASSE D	X				X		
LOGÍSTICA REVERSA						X	X

Figura 14 – Ações possíveis de realizar com as várias classes de resíduos definidas (Fonte - O autor, 2018)

O 4º e último nível hierárquico da proposta é o das ações / alternativas, que, **função da natureza sistêmica do problema**, transformar-se-á em **combinações de ações**. Estabelecem-se regras para construí-las: i) RCC classe A sofrem 3 diferentes ações simultaneamente, sendo uma obrigatoriamente reduzir; ii) RCC classe B também; iii) RCC classe C sofrem simultaneamente as duas ações possíveis (reduzir; destinar de forma ambientalmente adequada); iv) RCC classe D sofrem simultaneamente as duas ações possíveis (reduzir; destinar de forma ambientalmente adequada); v) Resíduos de Logística Reversa sofrem 1 das duas possíveis (devolver ou vender – considerou-se que ainda poderiam ter algum valor agregado); vi) Qualquer combinação contemplará simultaneamente as 5 classes de resíduos estabelecidas.

Faz-se então a aplicação do método: **primeiramente** constroi-se **uma** matriz de decisão que compara as 6 classes de critérios entre si (figura 15).

	META (OBJETIVO DO PROBLEMA) - OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS					
	CR. AMBIENTAIS	CR. SOCIAIS	CR. ECONÔMICOS	CR. LEGISLAÇÃO	CR. ESTRATÉGICOS	CR. OPERACIONAIS
CR. AMBIENTAIS	1	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}
CR. SOCIAIS	$1/a_{12}$	1	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}
CR. ECONÔMICOS	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	a_{34}	a_{35}	a_{36}
CR. LEGISLAÇÃO	$1/a_{14}$	$1/a_{24}$	$1/a_{34}$	1	a_{45}	a_{46}
CR. ESTRATÉGICOS	$1/a_{15}$	$1/a_{25}$	$1/a_{35}$	$1/a_{45}$	1	a_{56}
CR. OPERACIONAIS	$1/a_{16}$	$1/a_{26}$	$1/a_{36}$	$1/a_{46}$	$1/a_{56}$	1

Figura 15 – Matriz de decisão para comparação par a par entre os elementos do nível 2 – “classes” de critérios (Fonte - O autor, 2018)

Seguem-se os passos até o 10. A atribuição dos a_{ij} na matriz resultará de uma média dos valores de especialistas. Cumprindo-se o critério de $CR \leq 10\%$ nesta 1ª fase/nível, desce-se um nível hierárquico, e numa 2ª fase, seguindo uma “variante” da forma clássica/típica do AHP já aplicada por outros, constroem-se matrizes de comparação para a par dos critérios/subcritérios que pertencem à mesma classe. Exemplificando para a classe critérios operacionais, ver a figura 16. De novo seguem-se os restantes passos até o 10, onde será analisada a consistência destas 6 matrizes.

	(SUB-CRITÉRIOS DA CLASSE DE) CRITÉRIOS OPERACIONAIS						
	MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO	EQUIP. TRANSP. INTERNO DISPONÍVEIS	EQUIP. ACONDIC. INTERNO DISPONÍVEIS	PERIODICIDADE NA TRIAGEM	HABILID./TREINAM. DOS FUNCIONÁRIOS	INSTANTE DA TRIAGEM	LOCALIZ. DOS EQUIPAM.
MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO	1	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
EQUIP. TRANSP. INTERNO DISPONÍVEIS	$1/A_{12}$	1	A_{23}	A_{24}	A_{25}	A_{26}	A_{27}
EQUIP. ACONDIC. INTERNO DISPONÍVEIS	$1/A_{13}$	$1/A_{23}$	1	A_{34}	A_{35}	A_{36}	A_{37}
PERIODICIDADE NA TRIAGEM	$1/A_{14}$	$1/A_{24}$	$1/A_{34}$	1	A_{45}	A_{46}	A_{47}
HABILID./TREINAM. DOS FUNCIONÁRIOS	$1/A_{15}$	$1/A_{25}$	$1/A_{35}$	$1/A_{45}$	1	A_{56}	A_{57}
INSTANTE DA TRIAGEM	$1/A_{16}$	$1/A_{26}$	$1/A_{36}$	$1/A_{46}$	$1/A_{56}$	1	A_{67}
LOCALIZ. DOS EQUIPAM.	$1/A_{17}$	$1/A_{27}$	$1/A_{37}$	$1/A_{47}$	$1/A_{57}$	$1/A_{67}$	1

Figura 16 – Matriz de decisão para comparação par a par entre os elementos do nível 3 da proposta pertencentes à classe de critérios operacionais (Fonte - O autor, 2018)

Desce-se outro nível, passa-se ao das combinações de ações, e: ou se constroem matrizes segundo cada um dos critérios/subcritérios (levará a 32 matrizes de ordem 36), ou se constroi uma matriz de decisão [A] “genérica” entre as combinações de ações possíveis para a globalidade dos critérios/subcritérios, e ter-se-á uma única matriz de ordem 36. Procedendo da primeira forma, para achar o peso/importância de uma determinada combinação de ações para a meta do problema far-se-ia: através do vetor (W) correspondente à matriz de comparação par a par de todas as combinações de ações para um determinado critério, achar-se-ia a importância de qualquer combinação segundo esse critério. Multiplicando-se qualquer desses 36 pesos pela importância do critério dentro da respetiva classe, e depois também pelo peso da própria classe quanto à respetiva contribuição para a meta, chegava-se à contribuição/peso de uma determinada combinação para a meta, via/através de uma classe de critérios específica. Fazendo o mesmo para essa combinação e para os restantes critérios e restantes classes de critérios, através de uma somatória de produtos chegar-se-ia à **importância/peso total (global) daquela combinação de ações para a meta do problema**. Calculando o mesmo para as restantes combinações, a que obtiver o maior valor será a **melhor**. A **combinação “ótima” para o gerenciamento de RCC/RCD naquele canteiro de obra civil vertical**, para aquele cenário.

B) Diferenças na forma de aplicação do mesmo método (o AHP)

1 – Procedimento de cálculo do λ_{\max} : enquanto o método de AHP “clássico” determina λ_{\max} como a média dos valores de $(D) = (C)/(W)$, há quem calcule como somatória dos produtos entre cada um dos elementos de (W) pelo valor da soma da respetiva coluna da matriz de decisão [A] (coluna correspondente ao critério ou alternativa);

2 – Existem trabalhos com uma “estrutura ramificada”/em “árvore” desde os critérios ou classes de critérios até o nível hierárquico imediatamente inferior (alternativas ou critérios), o que faz com que, a seguir, em vez de se construírem matrizes [A] entre todos os elementos de um determinado nível e em relação a todos os elementos do nível acima, acabem-se construindo esse tipo de matrizes apenas em relação a uma “família/elemento” do nível imediatamente acima. Em um 1º trabalho pesquisado, ao seguir-se uma estrutura/modelo tipo “árvore”, quando se chega ao nível 3 (“subcritérios”), tem-se 4 matrizes [A] de ordem 3, enquanto seguindo-se a estrutura “clássica” ter-se-iam 4 matrizes de ordem 12 (complexidade diferente). Acontece também em um 5º

trabalho pesquisado, onde para o último dos níveis chega-se a uma única matriz [A] de ordem 9, entre os elementos do grupo específico, quando seguindo-se a estrutura “clássica” chegar-se-ia a 3 matrizes desse tipo;

3 – Existem casos em que não se segue a escala fundamental de Saaty. Nem seus valores intermediários tampouco. Definem-se valores decimais/centesimais inclusive. Embora se mantenha a reciprocidade;

4 – Existem casos em que é estabelecida uma estrutura hierárquica em vários níveis mas em que um (ou mais) deles são “ignorados” no desenvolvimento dos passos do método;

5 – A não ser que o pesquisador tenha se enganado nos cálculos, existem problemas de consistência em alguns dos trabalhos pesquisados.

C) Matrizes preenchidas por especialistas

Foram consultados 7 especialistas para preenchimento das matrizes de decisão. A figura 17 apresenta um dos seis exemplos pertencentes ao nível 3 (subcritérios de cada uma das seis classes).

	(SUB-CRITÉRIOS DA CLASSE DE) CRITÉRIOS OPERACIONAIS - MATRIZ DE DECISÃO						
	MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO	EQUIP. TRANSP. INTERNO DISPONÍVEIS	EQUIP. ACONDIC. INTERNO DISPONÍVEIS	PERIODICIDADE NA TRIAGEM	HABILID./TREINAM. DOS FUNCIONÁRIOS	INSTANTE DA TRIAGEM	LOCALIZ. DOS EQUIPAM.
MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	5,00
EQUIP. TRANSP. INTERNO DISPONÍVEIS	1,00	1,00	1,00	3,00	0,33	1,00	0,33
EQUIP. ACONDIC. INTERNO DISPONÍVEIS	1,00	1,00	1,00	3,00	0,33	1,00	1,00
PERIODICIDADE NA TRIAGEM	0,20	0,33	0,33	1,00	0,20	1,00	1,00
HABILID./TREINAM. DOS FUNCIONÁRIOS	1,00	3,00	3,00	5,00	1,00	5,00	5,00
INSTANTE DA TRIAGEM	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
LOCALIZ. DOS EQUIPAM.	0,20	3,00	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00

Figura 17 – Especialista 6, exemplo de uma matriz de decisão do nível 3 – subcritérios operacionais
(Fonte - O autor, 2018)

D) Visitas de campo – Fotos

Foram realizadas visitas de campo, em três construtoras. São apresentados registros fotográficos relacionados às etapas de gerenciamento dos resíduos da construção nos respectivos canteiros (fotos 1 a 15)

Foto 1 (esquerda) – Resíduo classe A segregado, nos pavimentos; Foto 2 (centro) – Transporte horizontal nos pavimentos, resíduo classe A; Foto 3 (direita) – Acondicionamento intermediário de resíduo classe A (com contaminação) nos pavimentos.



Fonte: O autor (2018)

Foto 4 (esquerda) – Transporte de resíduo classe A com jericá, e armazenamento final, no piso térreo; Foto 5 (centro) – Segregação inicial do gesso, nos pavimentos; Foto 6 (direita) – Acondicionamento inicial do gesso, em sacos de cimento vazios, e contaminado com papelões, nos pavimentos.



Fonte: O autor (2018)

Foto 7 (esquerda) – Transporte manual do gesso nos pavimentos; Foto 8 (centro) – Acondicionamento intermediário do gesso nos pavimentos; Foto 9 (direita) – Transporte vertical do gesso para o pavimento térreo.



Fonte: O autor (2018)

Foto 10 (esquerda) – Transporte mecânico do gesso no piso térreo; Foto 11 (centro) – Armazenamento final do gesso no térreo; Foto 12 (direita) – Caçamba exclusiva para armazenamento final do gesso no térreo.



Fonte: O autor (2018)

Foto 13 (esquerda) – Caminhão poliguindaste coletando caçamba de madeira no piso térreo; Foto 14 (centro) – Armazenamento final de madeira em caçambas no térreo; Foto 15 (direita) – Equipamento usado no transporte vertical de todo o tipo de RCC.



Fonte: O autor (2018)

E) Registros de controle e documentos coletados

Durante as visitas efetuadas na empresa objeto de estudo-piloto foram coletados registros de controle de resíduos, planilhas e outro tipo de documentos apropriados para o auxílio no desenvolvimento da ferramenta informática que será o produto final da pesquisa-tese, **que ultrapassa o escopo deste artigo**. Apresentam-se como exemplos as figuras 18 e 19.

Figura 18 – Ficha de controle de transporte de resíduos – transporte aparentemente errôneo de materiais

AMX AMBIENTAL Ind. e Com. de Reciclagem		CTR - Controle de Transporte de Resíduos	
Informações do gerador			
Nome			CPF ou CNPJ
Endereço da retirada			
Data da retirada	21/06/2018		
Volume / Tipo de resíduo			
m3	Tipo "C" - Gesso, telha fibrocimento/amiante em qualquer quantidade.		
Informações do transportador			
Razão Social		CNPJ	09.122.387/0001-23
Motorista	CLAUDIO	Veículo/Placa	VW 13.180 / DTW-7225
Assinaturas / carimbos			
Gerador		Transportador	SIMÃO DISK ENTULHO
Ass. do destinatário		Data de disposição	21/06/18 Horário

Av. Ayrton Salvador Lealpodino Jr., 42 - Chácara das Flores - CEP: 13570-829 - São Carlos - SP
 Tel: (16) 9296-8383 / 8126-9171 / 8126-9211 - E-mail: airton@amxambiental.com.br
 www.amxambiental.com.br

Fonte: O autor (2018)

Figura 19 – Planilha mensal de controle volumétrico de materiais transportados para fora de canteiro

Controle de Caçambas e Resíduos da Obra:						Revisão: 00 Data: 18/11/16 Resp: _____	
Data de Entrada	Fornecedor	Nota de Remessa	Data de Saída	Nota Fiscal	Volume da Caçamba	Comprovante de descarte do aterro	Tipo
01/06/2018	SIMÃO	NA	04/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
01/06/2018	SIMÃO	NA	04/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
04/06/2018	SIMÃO	NA	11/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
04/06/2018	SIMÃO	NA	21/06/2018	2335	5m³	OK	GESSO
11/06/2018	SIMÃO	NA	12/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
11/06/2018	SIMÃO	NA	12/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
12/06/2018	SIMÃO	NA	15/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
12/06/2018	SIMÃO	NA	15/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
15/06/2018	SIMÃO	NA	20/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
15/06/2018	SIMÃO	NA	20/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
20/06/2018	SIMÃO	NA	21/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
20/06/2018	SIMÃO	NA	21/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
21/06/2018	SIMÃO	NA	25/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
21/06/2018	SIMÃO	NA	25/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
21/06/2018	SIMÃO	NA	02/07/2018	2335	5m³	OK	GESSO
25/06/2018	SIMÃO	NA	28/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
25/06/2018	SIMÃO	NA	28/06/2018	2335	5m³	OK	Entulho
28/06/2018	SIMÃO	NA	02/07/2018	2335	5m³	OK	Entulho
28/06/2018	SIMÃO	NA	02/07/2018	2335	5m³	OK	Entulho

Fonte: O autor (2018)

F) Diagnóstico da situação de gestão de RCC detectada em canteiro de obras objeto de estudo-piloto

A partir das visitas de campo, foi elaborado e entregue ao construtor diagnóstico, com 29 páginas de texto, observações em relação à situação do gerenciamento de RCC no canteiro, relativamente a legislações nacionais, e fotos. Apresenta-se apenas um excerto do mesmo na figura 20.

Figura 20 – Excerto do diagnóstico do gerenciamento de RCC na obra objeto de estudo-piloto

- Por uma questão de opção clara (para não emanar particulado proveniente do gesso, da gipsita, que se prolifera no ar e é bastante prejudicial à saúde dos funcionários, e outras poeiras de resíduos para a vizinhança da obra), a empresa decidiu não usar dutos/coletores verticais para condução dos resíduos de classe A (restos de materiais cimentícios ou cerâmicos) até caçambas estacionadas no térreo, optando por transportá-los verticalmente por elevador cremalheira. Trata-se de uma solução que, apesar de onerar essa etapa em termos de utilização de equipamentos e mão de obra, é de grande vantagem ambiental e social, no relacionamento com a circunvizinhança da obra.
- No térreo, os resíduos de classe A misturados com outros resíduos, são transportados até armazenamento final em caçambas, por carreolas/jericas/carrinhos de mão, ou por equipamento tipo “bob-cat”, e jogados deste para as caçambas manualmente.
- Já o gesso, começa por ser transportado no térreo por “bob-cat” até às respectivas caçambas, para armazenamento final, ficando o respectivo caixotão esperando no chão, até que os sacos de gesso são despejados para dentro das caçambas manualmente.
- A empresa controla o transporte e destinação final dos seus resíduos por CTR (fichas de controle de transporte e recebimento).
- A destinação final é um aterro privado nas proximidades da cidade. No entanto, julga-se ser possível afirmar que o controle do destino final dos vários tipos de resíduos é relativo, porque não se tem a certeza definitiva de qual o encaminhamento que o dono do aterro privado dá a cada uma das classes, o que poderá abrir possibilidade do construtor poder vir a ser co-responsabilizado por essa destinação (ver artigo 27, parágrafo 1º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010, de 02 de Agosto de 2010))
- Para além das caçambas para os entulhos (classe A com contaminação), caçambas para o gesso, e caçambas para a madeira grossa, não se vislumbram outros tipos de dispositivos de armazenamento final no térreo (como bags ou baías de madeira, por exemplo). Assim, parte dos materiais (boa parte de madeiras e aço, por exemplo), acabam sendo objeto de armazenamento final a céu aberto, o que no caso das madeiras julgamos ser desvantajoso, pois o empenamento dificulta qualquer tipo de reaproveitamento por reuso em outros trabalhos.

Fonte: O autor (2018)

G) Elaboração e aplicação de questionário

Para melhor conhecimento da estrutura da construtora e seus procedimentos de gerenciamento dos RCC em canteiros de obras verticais, foi aplicado questionário, respondido por Gerente de Qualidade. Apresenta-se excerto na figura 21.

Figura 21 – Excerto de questionário aplicado

13 – A empresa usualmente faz uma estimativa de geração de RCC (classes e tipos) para as suas obras: NÃO; Comentários: não o fazem antecipadamente, ainda têm um histórico de obras concluídas muito pequeno e recente (5 edificações verticais) e heterogêneo (4 delas eram edificações de baixa altura, em condomínio, e a quinta era um edifício de estrutura convencional; a obra objeto do estudo-piloto, ainda não concluída, é um conjunto de três torres de 12 pisos cada, em alvenaria estrutural;
14 – Como fazem essa estimativa: NÃO FAZEM;

15 – Como isso é levado em consideração nos orçamentos entregues aos clientes: somente os custos de limpeza e regularização dos terrenos são repassados ao cliente

:

16 – A empresa controla/pesa sistematicamente o resíduo gerado (classes e tipos) nas suas obras: NÃO;

17 – Que planilhas usa para esse propósito e quem é responsável por guardar essas planilhas: o controle é volumétrico, e somente para resíduos de classe A, gessos e madeira, e é feito em planilhas eletrônicas próprias para esse efeito

18 – Seria possível providenciar uma dessas planilhas, mesmo que fosse não preenchida: SIM;

19 – A empresa tem uma base de dados histórica sobre resíduos de construção civil gerados em edificações verticais completadas: NÃO;

20 – O pesquisador poderia ter acesso a essas quantidades de resíduos geradas em cada uma dessas obras: -----;

21 – A empresa tem algum tipo de certificação: SIM;

22 – Que certificações possui: ISO 9.001 e PBQPH – Nível A;

23 – Os funcionários da construtora recebem treinamento sobre gerenciamento de RCC em canteiro (reconhecimento de classes e tipos, quando estes devem ser triados/separados/segregados após geração, como cada tipo de resíduo gerado deve ser transportado horizontalmente nos pavimentos, que tipos de dispositivos de coleta devem ser usados nos pavimentos, a importância de pesá-los por tipo e registrar esses pesos, como transportar os diferentes tipos de resíduos gerados até o pavimento térreo, onde armazená-los no piso térreo): NÃO; Comentários: eles apenas têm palestras bem curtas sobre o gerenciamento de RCC que estão incluídas no meio de outros assuntos referentes a reuniões semanais sobre higiene e segurança no trabalho;

24 – E os subempreiteiros, quando entram em obra, também recebem esse tipo de treinamento: NÃO;

Fonte: O autor (2018)

H) Coleta de informações para banco de dados e desenvolvimento de modelo empírico

O método AHP é capaz de determinar a melhor solução do problema, partindo de uma estruturação hierárquica. Mas tem grande componente qualitativa. Ademais, a empresa do estudo-piloto carecia de histórico de dados minimamente completo sobre geração de RCC em outras edificações acabadas. Para

preencher esse vazio quantitativo, para a ferramenta informática que se pretende como produto, estudou-se, para posterior utilização, os dados coletados, seu tratamento estatístico e definição de um modelo matemático empírico para estimar a geração de RCC em obras verticais, na região metropolitana de Porto Alegre, desenvolvido em dissertação por Dias, M.F. (2013), que seguiu a metodologia: 1 - Estudo piloto; 2 - Coleta de dados; 3 - Tratamento estatístico dos dados. A autora, para desenvolver o modelo, usou variáveis de projeto e variáveis relativas ao processo produtivo das edificações, que causassem geração de RCC em obras verticais. O objetivo é usar esses dados de geração como ponto de partida para posterior aplicação de linguagem de programação em Python ou Machine Learning.

Dias, M.F. (2013), partindo de estudo-piloto sobre onze obras de 4 construtoras de Novo Hamburgo – RS, trabalhou depois amostra maior, de 20 obras, em cinco cidades do mesmo estado (Novo Hamburgo, Porto Alegre, Canoas, Esteio e São Leopoldo), usando várias técnicas estatísticas, começando por análise descritiva dos dados de geração, análise da normalidade dos mesmos, análise das variáveis independentes (as geradoras de resíduos) usando análise de regressão, e chegou ao seguinte modelo empírico para geração de RCC em edificações verticais:

$$VR = - 5144,247 + 0,029*AT + 20,88*IeC + 295,135*SP - 689,030*RR + 5661,252*T/T + \varepsilon \quad (1)$$

em que:

VR = Volume de resíduos gerado;

AT = Área total construída;

IeC = Índice econômico de compactidade;

SP = Sistema produtivo/de produção;

RR = Reuso de resíduos;

T/T = Área do pavimento tipo / Área total construída

O modelo resultou da maximização do valor de R^2 dentre vários modelos testados. Por se tratar de uma dissertação completa, a explicação do seu desenvolvimento sai do escopo deste artigo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS - CONCLUSÕES

Partindo de revisões bibliográficas sucessivas, sobre o tema RCC/RCD, sua situação no Brasil, principais instrumentos normativos e legais no país sobre eles, estágios e objetivos de sua gestão no canteiros, métodos multicriteriais de apoio à decisão, quatro artigos científicos e uma dissertação sobre o método multicriterial AHP, elaboração de proposta de aplicação de estrutura do método, em 4 níveis (meta, classes de critérios, sub-critérios de cada classe, e combinações de ações/intervenções sobre as diferentes classes), para melhoramento do gerenciamento de RCC em edificações verticais, preenchimento das respectivas matrizes por especialistas, visitas de campo, elaboração de diagnóstico sobre gerenciamento dos RCC em edificação vertical objeto de estudo-piloto, elaboração e aplicação de questionário, e complementando com análise/estudo de dissertação sobre estabelecimento de modelo empírico para estimar a geração de RCC's em canteiros de edificações verticais, foi possível: 1 - Concluir sobre existência de diferenças na forma de aplicação do AHP; 2 – Estabelecer as bases/esqueleto de apoio para montagem de ferramenta informática que venha a auxiliar à decisão na melhoria do gerenciamento de RCC dentro de canteiros de edificações verticais, para uso de construtoras brasileiras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) no apoio financeiro a essa pesquisa, por meio de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004;
2. _____. **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
3. _____. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004;
4. _____. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

5. _____. **NBR 15115:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
6. _____. **NBR 15116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
7. BRASIL (2010). Lei nº 12305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. DOU, Brasília, DF. Agosto de 2010.
8. BRASIL (2002). Resolução CONAMA nº 307 de 05 de Julho de 2002. Dispõe sobre Gestão dos Resíduos da Construção Civil.
9. BRASIL (2004). Resolução CONAMA nº 348. Modifica a Resolução CONAMA nº 307 de 05 de Julho de 2002, incluindo o amianto na classe dos resíduos perigosos. DOU, Brasília, DF. Agosto de 2004.
10. BRASIL (2011). Resolução CONAMA nº 431 de 25 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução CONAMA nº 307 de 05 de Julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. DOU, Brasília, DF. 2011.
11. BRASIL (2012). Resolução CONAMA nº 448, de 19 de Janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. DOU, Brasília, DF. 2012.
12. BRASIL (2015). Resolução CONAMA nº 469, de 29 de Julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. DOU, Brasília, DF. 2015.
13. BRUM, F. M. Implantação de um programa de gestão de resíduos da construção civil em canteiro de obra pública: o caso da UFJF. Juiz de Fora. 2013. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, 2013.
14. DIAS, M.F. Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais. São Leopoldo. 2013. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, 2013.
15. FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. International Series in Operations Research & Management Science. New York: Springer, 2005.
16. HONGPING, Y. A dynamic model for assessing the effectiveness of construction and demolition waste management. Hong-Kong. 2011. Thesis of Doctorate in Philosophy. Department of Building and Real Estate of The Hong-Kong Polytechnic University, 2011.
17. JOHN, V. M. (Coord). Manual de Habitação mais Sustentável. Projeto Finep 2386/04: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo, Brasil, 2009.
18. LIMA, R.S; LIMA, R.R.R. Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Série de Publicações Temáticas do CREA-PR, 2012.
19. LORDÊLO, P. M.; EVANGELISTA, P. P. A.; FERRAZ, T. G. A. Programa de gestão de resíduos em canteiros de obras: método, implantação e resultados. In: Programa de Gestão de Resíduos da Construção Civil, SENAI/BA, 2006.
20. MARQUES NETO, J. C. Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição da bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15). São Carlos. 2009. Tese de Doutorado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
21. MENDES, T. S. Educação ambiental: mapeamento dos pontos de resíduos da construção civil de Campina Grande –PB. 2014.
22. MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C e CARELI, E. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Porto Alegre – RS, 2009.
23. OLIVEIRA, C.A. de; BELDERRAIN, M.C.N. Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridades do AHP. Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), 2008.
24. POLATIDIS, H. et al. Selecting an appropriate multi-criteria decision analysis technique for renewable energy planning. Energy Sources, Part B, v. 1, p. 181-193, 2006.
25. RODRIGUEZ, D.S.S.; COSTA, H.G.; CARMO, L.F.R.R.S. do Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 134-146, 2013.
26. SAATY, T. L. Método de Análise Hierárquica. Editora McGraw Hill Ltda. São Paulo, Brasil, 1991.
27. SAATY, T. L. Some Mathematical Concepts of the Analytic Hierarchy Process. Behaviormetrika, v. 29, p. 1-9, 1991.
28. SINDUSCON-SP. Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil. São Paulo, 2005.
29. TAVARES, L. P. M. Levantamento e análise da deposição e destinação de resíduos da construção civil em Ituiutaba/MG. Uberlândia. 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

30. VARGAS, R.V. Utilizando a programação multicritério (analytic hierarchy process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. PUBLICAÇÕES PMI GLOBAL CONGRESS. 2010. North America, p. 1-22, 2010. Washington – DC – EUA, 2010.
31. VENTURA, K. S. Modelo de avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS) com uso de indicadores de desempenho. Estudo de caso: Santa Casa de São Carlos – SP. São Carlos. 2009. Tese de Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.