

ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) NA DEMOLIÇÃO SELETIVA ATRAVÉS DE SISTEMAS DINÂMICOS

Mariana de Mendonça Molles Mazzini Perpétuo

Aluno de Graduação da Engenharia de Produção, 5º período,
UFRJ

Período PIBIC/CETEM : agosto de 2014 a julho de 2015,

mperpetuo@cetem.gov.br

Francisco Mariano da Rocha de Souza Lima

Orientador, Eng. Industrial, D.Sc.

flima@cetem.gov.br

Ligia Marcela Tarazona Alvarado

Coorientador, Enga. Controle Eletrônico, M.Sc.

lalvarado@cetem.gov.br

Abstract

The objective of this study is to analyze dynamically the environmental impacts and the cost benefit of selective demolition as a way of managing construction and demolition waste (CDW). For this, it was proposed an adaptation of the dynamic model developed in iThink software by Lima (2013) in order to consider the influence of maturity of recycled aggregates market in the model as a whole. To analyze the results, were established three different scenarios varying the degree of the market's maturity between emerging market, mature market and growing transition market and the model type between the base model, presented by Lima (2013), and the one proposed by this study. Performance indicators were established, such as environmental costs, environmental pollution and cost benefit, and graphics were created for better viewing the behavior of these indicators. It can be concluded that selective demolition is a way of management of CDW beneficial in the long term, particularly if the maturity of recycled materials' market is considered in the model.

Keywords: selective demolition, construction and demolition waste, maturity, cost benefit.

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar de maneira dinâmica os impactos ambientais e o custo benefício da demolição seletiva como forma de gerenciamento de resíduos de construção e demolição (RCD). Para isto, foi proposto uma adaptação do modelo dinâmico elaborado no software iThink por Lima (2013) para que fosse considerada a influência da maturidade do mercado de agregados reciclados no modelo como um todo. Para análise dos resultados, foram estabelecidos três cenários diferentes variando-se o grau de maturidade do mercado entre emergente, maduro e em transição crescente e o tipo de modelo entre modelo base, apresentado por Lima (2013), e o proposto por este trabalho. Estabeleceram-se indicadores de desempenho, tais como custo ambiental, contaminação do meio ambiente e relação custo-benefício, e gráficos foram criados para melhor visualização do comportamento destes indicadores. Pode-se concluir que a demolição seletiva é uma forma de gerenciamento de RCD benéfica a longo prazo,

principalmente se a maturidade do mercado de materiais reciclados for considerada no modelo.

Palavras chave: demolição seletiva, resíduos de construção e demolição, maturidade, custo-benefício.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, o Brasil tem passado por um grande desenvolvimento econômico e social, principalmente no setor de construção civil. Com isso, o consumo de recursos não renováveis de origem mineral, tais como concreto e argila, tem aumentado de maneira significativa, bem como a produção dos resíduos de construção e demolição (RCD).

O gerenciamento do RCD é considerado um fator cada vez mais determinante na elaboração de políticas ambientais. A resolução N°307 de julho de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos entulhos, visando destinar o maior volume possível de resíduos à reciclagem e a reutilização. Além disso, com a Lei 12.305/2010 que define a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, a reciclagem tornou-se inevitável, pois com a instituição do princípio do poluidor-pagador a indústria da construção civil é responsável pela destinação dos seus resíduos, favorecendo a comercialização e o emprego de agregados reciclados nas obras. Em Lima (2013) e Cunha (2012), elaboraram-se estudos sobre o papel da demolição seletiva (DS) no gerenciamento do RCD com a finalidade de maximizar o reaproveitamento e a reciclagem de entulho no Brasil. Além disso, foi proposto um modelo baseado em Sistemas Dinâmicos para ilustrar o processo sistemático da demolição seletiva.

2. OBJETIVOS

O trabalho propõe condições para o modelo de gerenciamento de RCD definido por Lima (2013) comparando as demolições tradicional e seletiva. O objetivo é avaliar dinamicamente os impactos ambientais e o custo benefício da DS como ferramenta de gerenciamento do RCD.

3. METODOLOGIA

Com base no modelo supracitado, alguns parâmetros quantitativos como custos, receitas e local de destinação dos resíduos foram alterados para avaliar o resultado do processo num horizonte de 20 anos. O estudo de caso foi realizado no município do Rio de Janeiro no bairro de Copacabana.

3.1 O Modelo

Uma significativa porcentagem de RCD é descartada ilegalmente em estradas, rios e vielas, prejudicando o meio ambiente. Para mensurar os impactos ambientais desse descarte ilegal de RCD, bem como a influência da maturidade do mercado de reciclados no processo em geral, duas variáveis foram modificadas: “Custo ambiental” e “Impacto da maturidade”. O modelo proposto, adaptado de Lima (2013) e com as devidas modificações, está ilustrado na Figura 1.

A variável “Custo ambiental” é uma quantificação dos custos que o descarte ilegal de RCD gera para a empresa ou órgão público responsável pela limpeza das áreas contaminadas. A variável “Impacto da maturidade” relaciona a porcentagem de resíduo descartado ilegalmente com a maturidade do mercado dos reciclados, que cresce quanto maior for a aceitação dos materiais reciclados no mercado. Dessa forma, quanto maior a maturidade, menor será o impacto negativo ao meio ambiente. Adicionalmente, um fluxo paralelo ao principal, intitulado “Contaminando”, foi considerado para medir a quantidade de RCD, em toneladas, que está poluindo o meio ambiente.

3.2 Cenários considerados

Para avaliar os impactos ambientais e o custo benefício da adoção da DS, foram propostos três cenários. A maturidade do mercado, ao longo do horizonte de planejamento de 20 anos, pode

ser considerada: emergente, madura ou transição crescente, definida em 40%, 100% e uma função escada crescente, respectivamente. Os dois modelos em análise são o original de Lima

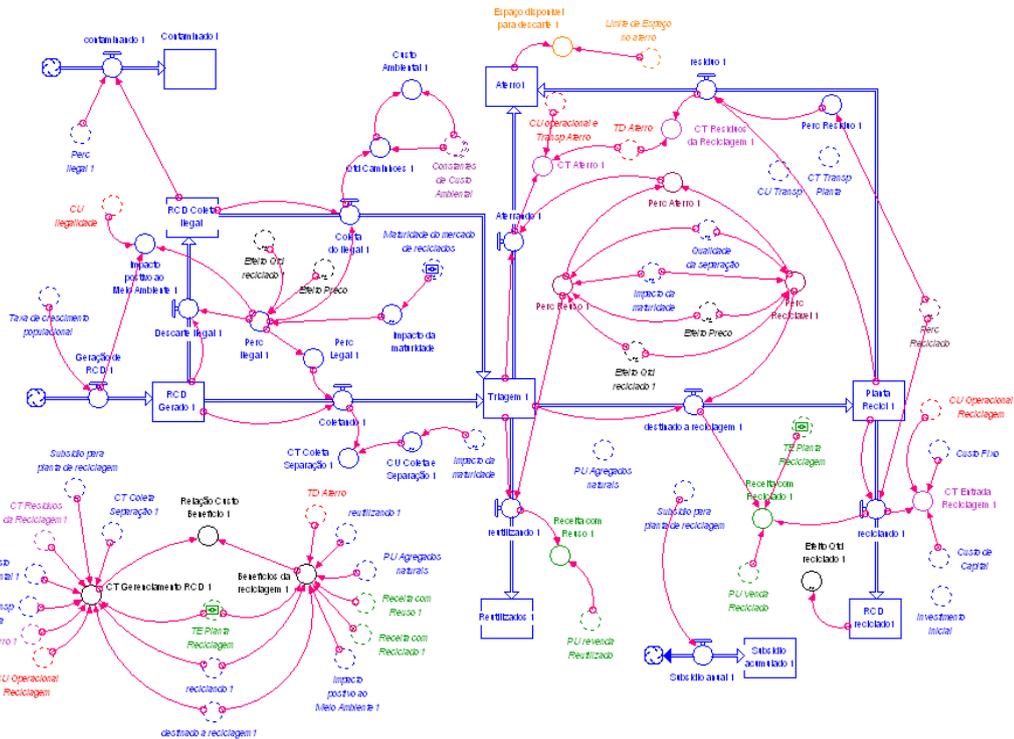


Figura 1: Modelo dinâmico proposto relativo à demolição seletiva.

(2013) e o modificado, proposto por este trabalho. Um resumo dos cenários pode ser encontrado na Tabela 1.

Tabela 1: Cenários considerados para a simulação dos modelos de Demolição Seletiva.

Cenário	Maturidade do mercado	Tipo do modelo
1	Emergente (40%)	Modelo base
		Modelo modificado
2	Maduro (100%)	Modelo base
		Modelo modificado
3	Transição crescente (modular de 40% a 100%)	Modelo base
		Modelo modificado

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Três indicadores de desempenho foram escolhidos para a comparação entre os cenários: relação de coleta legal e coleta ilegal, custo ambiental e contaminação do meio ambiente e relação custo-benefício. Os gráficos cujas variáveis possuem o índice “1” ao final são relativos ao modelo proposto, enquanto que os gráficos relacionados ao modelo base não possuem nenhum índice. Cada curva possui um número de acordo com o cenário que ela ilustra.

4.1 Relação coletando legal e coletando ilegal

As quantidades de RCD geradas legalmente tanto no modelo base quanto no modelo proposto estão ilustrados na Figura 2. O impacto positivo da maturidade do mercado é maior quando compara-se o modelo proposto ao modelo base pois o proposto considera a relação direta entre a aceitação do mercado de reciclado e o percentual de descarte legal.

Além disso, no horizonte de planejamento definido, os cenários 2 e 3 se aproximam. Ou seja, obtém-se um comportamento mais próximo da realidade do gerenciamento de RCD. Consequentemente, é possível tomar uma decisão para otimizar todo o sistema.

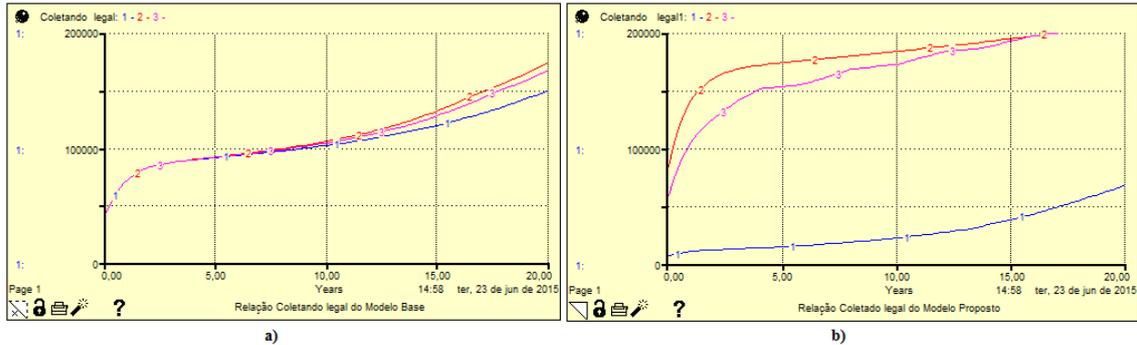


Figura 2: Relação do coletando legal e ilegal nos cenários avaliados.

4.2 O custo ambiental e a contaminação do meio ambiente

Os gráficos destes indicadores encontram-se na Figura3(a) e (b). O custo ambiental do modelo de Lima (2013) não considera a relação da coleta ilegal como maturidade do mercado; portanto, os três cenários têm comportamentos parecidos entre si. Entretanto, no modelo proposto, observa-se que num mercado emergente o custo ambiental é bem superior aos outros dois cenários. Adicionalmente, os cenários 2 e 3 tendem a valores semelhantes. Quanto maior a maturidade, menor será a quantidade de RCD descartado ilegalmente e, conseqüentemente, menor serão os custos para remoção destes resíduos. A contaminação do meio ambiente é afetada seguindo o mesmo raciocínio. É importante ressaltar que a contaminação tende a ser sempre crescente se nenhuma política ambiental for estabelecida.

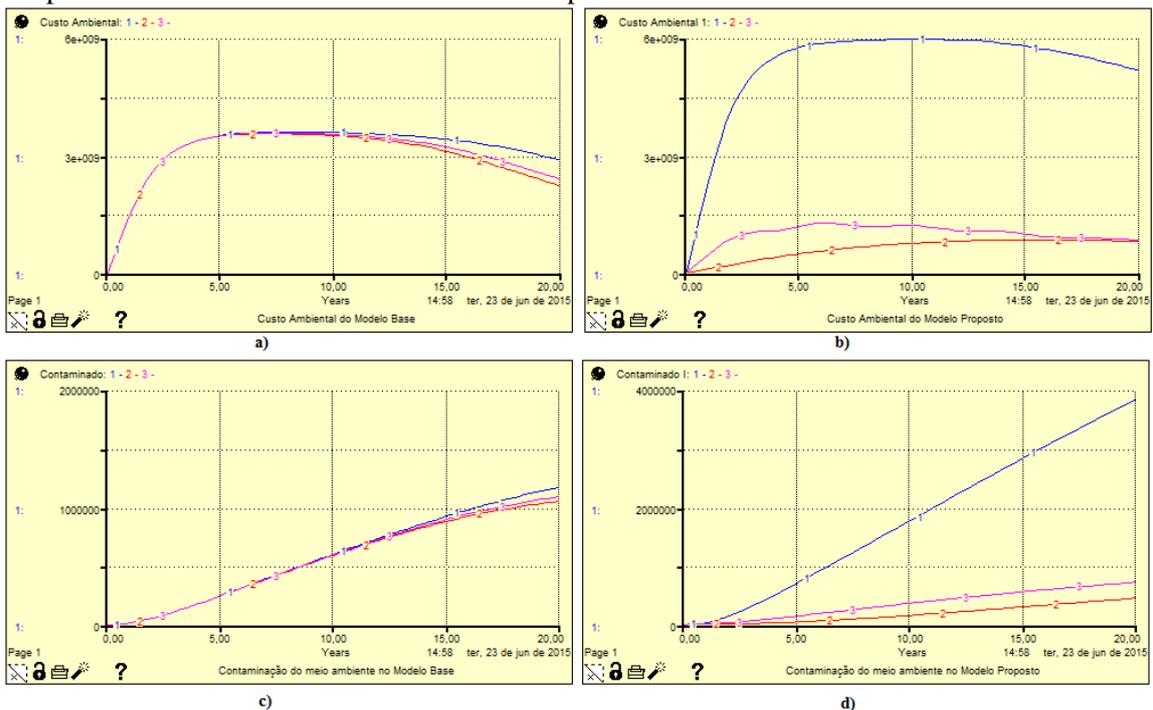


Figura 3: O custo ambiental e a contaminação do meio ambiente nos cenários considerados.

4.3 Relação custo benefício

A relação custo-benefício considera todos os fatores positivos e negativos da DS, tais como receitas com reciclado e custo ambiental, respectivamente. Na Figura 4(a) é possível observar que somente depois de 20 anos o gerenciamento do RCD através da DS tende a trazer um benefício para redução de custo e impacto ambientais. Em contrapartida, é perceptível que no modelo proposto, representado na Figura 4(b), a influência da maturidade do mercado de reciclados traz benefícios diretos em um curto espaço de tempo, visto que os impactos negativos são atenuados.

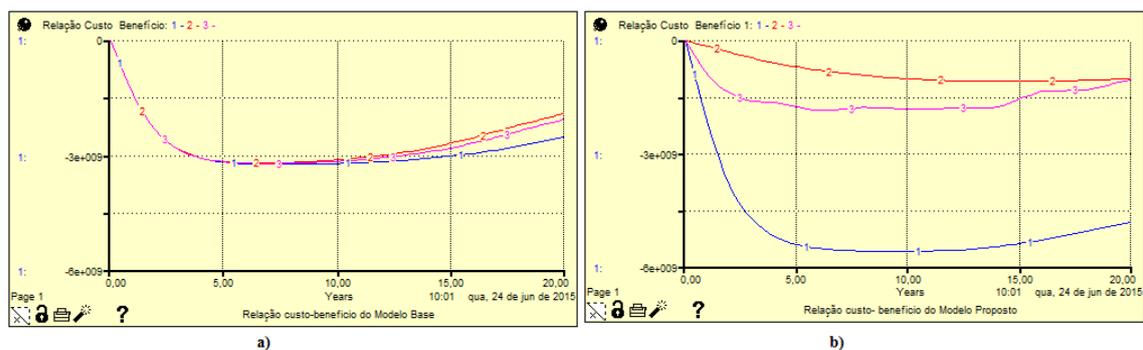


Figura 4: Relação custo benefício dos modelos nos cenários considerados.

5. CONCLUSÕES

O problema do gerenciamento de RCD foi apresentado com base em um modelo prévio. As variáveis “Custo ambiental” e “Impacto da maturidade” foram modificadas. Novos indicadores, tais como a relação coleta ilegal e legal, custo ambiental e contaminação, e custo benefício foram observados. A demolição seletiva é uma alternativa de gerenciamento de RCD benéfica a longo prazo, principalmente se for considerada na análise a influência da maturidade do mercado de reciclados. Pode-se concluir que o cenário que apresentou os melhores resultados e é o mais verossímil é o cenário 2. Futuros trabalhos podem contemplar as variáveis relacionadas aos benefícios da demolição seletiva, de forma que a relação custo benefício e demais indicadores fiquem ainda mais próximos à realidade.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Francisco Mariano, meu orientador, assim como ao Dr. Giancarlo Alfonso Canchumani e à M.Sc. Ligia Marcela Tarazona Alvarado pelo convívio e pela troca de ideias. Ao Gabriel Nocito Miquelino Cunha pela ajuda na modelagem. Ao CNPq, pelo incentivo e concessão da bolsa de iniciação científica. À minha família e amigos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUNHA, G.N. Análise da reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD) através de Sistemas Dinâmicos. In: **XX JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, 2012, Rio de Janeiro.
- FORRESTER, J.W. **Industrial Dynamics**. The Massachusetts Institute of Technology, USA: Martino Fine Books, 1958, p. 372.
- LIMA, F.M. **A formação da mineração urbana no Brasil: reciclagem de RCD e a produção de agregados**. 2013. 154p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Mineral, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil).
- YUAN, H.P., SHEN, L.Y., HAO, J.J.L., **A model for cost-benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain**. 2010.
- ZHAO,W., REN, H., ROTTER, V.S., **A system dynamics model for evaluating the alternative of type in construction and demolition waste recycling center – The case of Chongqing, China**. 2011.