

## **VI-175 - RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - UM ESTUDO DE VIABILIDADE NA REGIÃO DE SUAPE/PERNAMBUCO**

**MSc. Fernando Periard Gurgel do Amaral<sup>(1)</sup>**

Mestre em Engenharia de Produção – Sistemas de Gestão/UFF-RJ. Professor na UNESA-Niterói.

**DSc. Raquel Lima Oliveira<sup>(2)</sup>**

Doutora em Química/UFF-RJ. Professora na UNESA-Niterói.

**Juliana Jardim Colares<sup>(3)</sup>**

Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Estácio de Sá.

**Marina França Guimarães Marques<sup>(4)</sup>**

Engenheira Ambiental pela UNESA.

**MSc. Guilherme Bretz Lopes<sup>(5)</sup>**

Mestre em Química.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Felipe de Oliveira, 36/1002. Copacabana, Rio de Janeiro. CEP 22011-030- Brasil - Cel: (21) 99989-3281 - E-mail: fernando.amaral@estacio.br

### **RESUMO**

O crescente desenvolvimento econômico acelerado das últimas décadas tem trazido impactos ambientais proporcionais a esse crescimento, sendo um dos principais segmentos contribuintes é o da construção civil, tanto pelo alto consumo de recursos naturais, como pela grande geração de resíduos sólidos. O Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE, maior pólo econômico de Pernambuco, concentrou vários empreendimentos na construção do Porto de SUAPE e na instalação da primeira fase da Refinaria Abreu e Lima – RNEST, caracterizados por um alto consumo de minerais e uma expressiva geração de resíduos de construção e demolição (RCD). Porém, em contrapartida, houve um inexpressivo reaproveitamento desses resíduos. Na atualidade os RCD são cada vez mais vistos como uma fonte alternativa de matéria prima, a ser reutilizada no próprio segmento que a gerou, ou seja, retornando ao processo produtivo da construção civil, reduzindo custos e minimizando os impactos ao meio ambiente. Com a recente retomada das obras de construção da RNEST, vislumbrou-se uma oportunidade para estimular as empresas a adotarem um gerenciamento dos RCD com maior ganho ambiental e econômico que a atual destinação ao único aterro industrial licenciado existente na região, através de um estudo de viabilidade de reciclagem desse resíduo. Os resultados do presente trabalho permitiram concluir que essa viabilidade existe, obtendo-se um ganho ambiental e econômico significativo quando se adota a reciclagem dos RCD em agregados para a utilização em concreto não estrutural, fabricação de blocos ou simplesmente utilização na melhoria de ruas não pavimentadas. Esse trabalho teve o apoio do programa de pesquisa e produtividade da UNESA.

**PALAVRAS-CHAVE:** SUAPE, Resíduos, Construção, Viabilidade, Reciclagem.

### **INTRODUÇÃO**

O Brasil tem crescido muito nos últimos 20 anos, trazendo um enorme contingente de obras que se confronta com a pouca infra-estrutura existente para acompanhá-lo, acarretando muitos impactos ambientais decorrente do alto consumo de matérias-primas e insumos e do gerenciamento simplista e, na maior parte das vezes, deficiente dos resíduos sólidos gerados.

Segundo Karpinsk et al. (2009), a atividade da construção civil tem grande impacto sobre o meio ambiente em razão do consumo de recursos naturais ou extração de jazidas, do consumo de energia elétrica nas fases de extração, transformação, fabricação, transporte e aplicação, da geração de resíduos decorrentes de perdas, desperdício e demolições, bem como do desmatamento e de alterações no relevo.

Há uma estimativa de que o setor da construção civil brasileira consome cerca de 210 milhões de toneladas por ano de produtos minerais somente para a produção de argamassas e concretos. Atualmente o RCD chega a ter uma proporção muito próxima ao resíduo doméstico. Pinto (1999) estimou que nas grandes cidades brasileiras, essa proporção pode aumentar e chegar a 70% do total dos resíduos sólidos urbanos produzidos.

Esse panorama foi claramente visível no Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros – SUAPE e na Refinaria Abreu e Lima - RNEST, localizados na Região Metropolitana de Recife, onde na última década houve um massivo investimento. A magnitude das obras em SUAPE transformou-o em um grande canteiro de obras, gerando diversos impactos tanto ambientais, como sociais.

A geração dos mais diversos resíduos chegou a centenas de toneladas mensais. Somente em um dos projetos-âncora, houve um volume estimado de geração de resíduos de construção e demolição (RCD) na ordem de 20.000 a 30.000 m³.

Embora os números tenham sido altos, a infraestrutura existente na região para absorver a demanda dos resíduos gerados nas obras foi limitada. Nem o poder público, nem a iniciativa privada se prepararam previamente para também investirem na área ambiental para receber os empreendimentos e os investimentos na região.

SUAPE é o único complexo industrial portuário do Brasil a destinar 45% de sua área para preservação ambiental, mas apesar desse diferencial, o porto acumula um passivo ambiental relevante advindo do cultivo de cana-de-açúcar, que somados aos impactos gerados nos empreendimentos da região, configuram um quadro de degradação que necessita ações urgentes.

Com a retomada das obras da RNEST, há o risco do único aterro licenciado para receber RCD não suportar a demanda de todas as obras previstas para a definitiva conclusão da refinaria, além de existirem outros agravantes.

Dentro desta realidade, através do presente trabalho procurou-se verificar a viabilidade de uma solução alternativa à destinação dos RCD ao aterro industrial, como por exemplo, a reciclagem em agregados para a utilização em concreto não estrutural, fabricação de blocos ou simplesmente utilização na melhoria de ruas não pavimentadas.

Com isso procura-se estimular as empresas geradoras destes resíduos a adotarem a reciclagem dos RCD, de modo a reincorporar o agregado obtido nos seus processos produtivos ou aplicá-lo em outras obras de infraestrutura da região, obtendo-se assim a redução do consumo de recursos minerais e a minimização da destinação de resíduos a aterros.

## **OBJETIVOS**

Realizar um estudo de viabilidade de reciclagem de resíduos de construção e demolição RCD na região de SUAPE em Pernambuco.

Para atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Discutir os problemas ambientais causados pela geração de RCD;
- Verificar as alternativas existentes para o gerenciamento dos RCD conforme exigências da Resolução CONAMA Nº 307/2002;
- Confrontar os custos oriundos da destinação de RCD ao aterro da Muribeca frente aos custos decorrentes da reciclagem, balanceado com a possível economia na substituição de brita por agregado reciclado.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Foram levantados os custos relativos ao gerenciamento dos RCD no modelo corriqueiro de gestões adotadas pelas empresas geradoras em SUAPE (coleta em caçambas estacionárias, transporte e destinação ao aterro da Muribeca) e confrontado com as estimativas de custos de britagem no próprio local de geração, agregado à possível economia gerada pela substituição de brita por material reciclado.

## RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

### ESTUDO DE CASO – SUAPE

O Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE está situado a 40 quilômetros ao sul de Recife, em uma área de 13,5 mil hectares nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho e por ter uma localização privilegiada que permite às empresas escoarem e receberem produtos através das rotas que levam a mais de 160 portos no mundo todo, tornou-se o maior empreendimento econômico do Estado, possuindo hoje mais de 100 empresas implantadas e mais 15 iniciativas em fase final de implantação. Três grandes projetos-âncora puxaram a maioria dos aportes: a Refinaria Abreu e Lima (RNEST), o Estaleiro Atlântico Sul (EAS) e a Petroquímica SUAPE, cujas obras de implantação consumiram muitos recursos minerais e geraram uma quantidade bastante expressiva de RCD. O fator mais impactante para o gerenciamento dos RCD em SUAPE está no fato de haver disponível na região apenas um aterro industrial licenciado para a sua disposição final. Com a retomada das obras na RNEST, tem-se uma nova oportunidade para a implantação de processos de reciclagem que possam produzir agregados em volume compatível com velocidade de geração dos resíduos e com uma qualidade que garanta a sua aplicação na própria obra, com balanço econômico favorável. O gerenciamento de resíduos mais comuns na construção civil é aquele que abrange apenas a simples destinação final a um aterro, cujos componentes financeiros são o aluguel de caçambas estacionárias (“papa-entulhos”), o transporte até o destino final e a deposição no aterro. Para o estudo de caso em SUAPE, foram coletados dados desses custos entre 3 empresas na região, das quais apenas uma autorizou sua identificação.

**Tabela 1 – Custos para destinação de RCD para o aterro CTR-Candeias.**

Itens	Só Reciclável do Nordeste Ltda	Empresa B	Empresa C
Locação de 05 caçambas estacionárias de 5 m³	R\$ 1.250,00	R\$ 1.350,00	R\$ 1.400,00
25 Transportes até o aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m³)	R\$ 6.250,00	R\$ 6.625,00	R\$ 6.750,00
25 Deposição no aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m³)	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00
Total mensal para 25 destinações (125 m³ de RCD)	R\$ 13.200,00	R\$ 13.675,00	R\$ 13.850,00
Custos por m³ de RCD gerado	R\$ 105,60	R\$ 109,40	R\$ 110,80

Fonte: Autores.

Percebe-se que os valores, na tabela 1, entre as três empresas estão bem próximos, porém, a empresa Só Reciclável do Nordeste apresentou o menor valor. Devido ao grande volume de RCD gerado ao longo de um obra, no custo final total haverá uma diferença considerável.

Levantamento de custos para a reciclagem dos RCD:

A reciclagem dos RCD no seu local de geração para uso posterior do agregado na própria obra é uma das melhores alternativas para o gerenciamento dos resíduos, pois evita o risco de acidentes quando do transporte a recicladoras, assim como possíveis destinações a locais não autorizados.

Morais (2006 apud SANTOS, 2008), afirma que, nas obras de demolições, as características dos resíduos em função dos tipos de processos de construção civil podem ser assim definidas:

São os tijolos e concretos que se apresentam com maior representatividade nos resíduos. Enquanto que a geração dos RCD, originadas de novas construções, estão nas perdas físicas resultantes do processo construtivo desde a fundação, a elevação das alvenarias, nos revestimentos e acabamentos das edificações. (MORAIS, 2006 apud SANTOS, 2008).

**Tabela 2 – Custos para a britagem *in loco* de RCD.**

Itens	Tamanho do agregado reciclado a obter	
	Brita (boca de saída 20 mm)	Rachão (boca de saída 100 mm)
Quantidade de RCD gerado	125 m <sup>3</sup>	125 m <sup>3</sup>
Produtividade do equipamento	15 m <sup>3</sup> /h	30 m <sup>3</sup> /h
Tempo de trabalho necessário	8,33 h	4,17 h
Custo do serviço de britagem (locação de escavadeira com a caçamba trituradora, combustível e operador)	R\$ 280,00/h	R\$ 280,00/h
Custo total para britagem de 125 m <sup>3</sup> de RCD	R\$ 2.332,40	R\$ 1.166,67
Custos por m <sup>3</sup> de RCD gerado	R\$ 18,66	R\$ 9,33

Fonte: empresa AC Tratores e Serviços Ltda.

Como resultados esperados, espera-se contribuir com o empreendimento, através de melhorias para eliminar os passivos ambientais da região, verificar a viabilidade de uma solução alternativa à destinação dos RCD ao aterro industrial, como por exemplo, a reciclagem em agregados para a utilização em concreto não estrutural, fabricação de blocos ou simplesmente utilização na melhoria de ruas não pavimentadas.

Com isso procura-se estimular as empresas geradoras destes resíduos a adotarem a reciclagem dos RCD, de modo a reincorporar o agregado obtido nos seus processos produtivos ou aplicá-lo em outras obras de infraestrutura da região, obtendo-se assim a redução do consumo de recursos minerais e a minimização da destinação de resíduos a aterros.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Das três empresas que trabalham com o serviço de gerenciamento de resíduos na região de SUAPE, a empresa Só Reciclável do Nordeste Ltda apresentou o menor custo para a destinação dos RCD para o aterro CTR-Candeias, R\$ 105,60/m<sup>3</sup>. Comparando-se os custos relativos à destinação ao aterro CTR-Candeias e a alternativa de reciclagem na própria obra, observa-se uma redução de custo de 82,3% para um agregado com dimensão de brita e 91,2% para um agregado com dimensão de rachão. Para a base de cálculo tomou-se a informação dada por um dos projetos-âncora de SUAPE, a construção das interligações entre as unidades da RNEST, cuja empresa não permitiu a identificação pela sua política de uso de nome e imagem: o volume de RCD gerados mensalmente foi em média de 125 m<sup>3</sup> e a sua frequência de destinação - uma média de 25 destinações mensais utilizando-se 5 caçambas estacionárias de 5 m<sup>3</sup> de capacidade. Calculou-se então o custo total por m<sup>3</sup> de RCD gerado, apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Custo total por m<sup>3</sup> de RCD gerado**

Itens	Só Reciclável do Nordeste Ltda	Empresa B	Empresa C
Locação de 05 caçambas estacionárias de 5 m <sup>3</sup>	R\$ 1.250,00	R\$ 1.350,00	R\$ 1.400,00
25 Transportes até o aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m <sup>3</sup> )	R\$ 6.250,00	R\$ 6.625,00	R\$ 6.750,00
25 Deposição no aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m <sup>3</sup> )	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00
Total mensal para 25 destinações (125 m <sup>3</sup> de RCD)	R\$ 13.200,00	R\$ 13.675,00	R\$ 13.850,00
Custos por m <sup>3</sup> de RCD gerado	R\$ 105,60	R\$ 109,40	R\$ 110,80

Fonte: Autores

### LEVANTAMENTO DE CUSTOS COM O GERENCIAMENTO USUAL DOS RCD

O gerenciamento de resíduos mais comuns na construção civil é aquele que abrange apenas a simples destinação final a um aterro, cujos componentes financeiros são o aluguel de caçambas estacionárias (“papa-entulhos”), o transporte até o destino final e a deposição no aterro.

Para o estudo de caso em SUAPE, foram coletados dados dos custos envolvidos no gerenciamento dos RCD entre 3 empresas prestadoras desse tipo de serviço na região, das quais apenas uma autorizou sua identificação:

a) Empresa Só Reciclável do Nordeste Ltda:

Locação de caçamba estacionária de 5 m<sup>3</sup>: R\$ 250,00/mês/caçamba;

Transporte de SUAPE ao aterro CTR-Candeias: R\$ 250,00/caçamba de 5 m<sup>3</sup>;

Deposição no aterro CTR-Candeias: R\$ 76,00/ton. Considerando uma razão massa/volume de 0,6, temos que para 5 m<sup>3</sup> o custo é de R\$ 228,00.

b) Empresa B:

Locação de caçamba estacionária de 5 m<sup>3</sup>: R\$ 270,00/mês/caçamba;

Transporte de SUAPE ao aterro CTR-Candeias: R\$ 265,00/caçamba de 5 m<sup>3</sup>;

Deposição no aterro CTR-Candeias: R\$ 76,00/ton. Considerando uma razão massa/volume de 0,6, temos que para 5 m<sup>3</sup> o custo é de R\$ 228,00.

c) Empresa C:

Locação de caçamba estacionária de 5 m<sup>3</sup>: R\$ 280,00/mês/caçamba;

Transporte de SUAPE ao aterro CTR-Candeias: R\$ 270,00/caçamba de 5 m<sup>3</sup>;

Deposição no aterro CTR-Candeias: R\$ 76,00/ton. Considerando uma razão massa/volume de 0,6, temos que para 5 m<sup>3</sup> o custo é de R\$ 228,00.

Para a base de cálculo tomou-se a informação dada por um dos projetos-âncora de SUAPE, a construção das interligações entre as unidades da RNEST, cuja empresa não permitiu a identificação pela sua política de uso de nome e imagem: o volume de RCD gerados mensalmente foi em média de 125 m<sup>3</sup> e a sua frequência de destinação - uma média de 25 destinações mensais utilizando-se 5 caçambas estacionárias de 5 m<sup>3</sup> de capacidade. Calculou-se então o custo total por m<sup>3</sup> de RCD gerado, apresentados na Tabela 4:

**Tabela 4 – Custos para destinação de RCD para o aterro CTR-Candeias.**

Itens	Só Reciclável do Nordeste Ltda	Empresa B	Empresa C
Locação de 05 caçambas estacionárias de 5 m <sup>3</sup>	R\$ 1.250,00	R\$ 1.350,00	R\$ 1.400,00
25 Transportes até o aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m <sup>3</sup> )	R\$ 6.250,00	R\$ 6.625,00	R\$ 6.750,00
25 Deposição no aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m <sup>3</sup> )	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00
Total mensal para 25 destinações (125 m <sup>3</sup> de RCD)	R\$ 13.200,00	R\$ 13.675,00	R\$ 13.850,00
Custos por m <sup>3</sup> de RCD gerado	R\$ 105,60	R\$ 109,40	R\$ 110,80

Fonte: Autores.

Percebe-se que os valores entre as três empresas estão bem próximos, porém, a empresa Só Reciclável do Nordeste apresentou o menor valor. Devido ao grande volume de RCD gerado ao longo de uma obra, no custo final total haverá uma diferença considerável.

### LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA A RECICLAGEM DOS RCD

A reciclagem dos RCD no seu local de geração para uso posterior do agregado na própria obra é uma das melhores alternativas para o gerenciamento dos resíduos, pois evita o risco de acidentes quando do transporte a recicladoras, assim como possíveis destinações a locais não autorizados.

Na região, a única empresa que possui a caçamba trituradora para britagem dos RCD no próprio local gerador é a AC Tratores e Serviços Ltda, que disponibilizou os dados sobre os custos envolvidos para esse tipo de operação.

Como base de cálculo, tomou-se o mesmo volume de RCD contemplado no item 3.1 e a produtividade do equipamento, calculando-se o custo total por m<sup>3</sup> de RCD gerado, apresentados na Tabela 5:

**Tabela 5 – Custos para a britagem *in loco* de RCD.**

Itens	Tamanho do agregado reciclado a obter	
	Brita (boca de saída 20 mm)	Rachão (boca de saída 100 mm)
Quantidade de RCD gerado	125 m <sup>3</sup>	125 m <sup>3</sup>
Produtividade do equipamento	15 m <sup>3</sup> /h	30 m <sup>3</sup> /h
Tempo de trabalho necessário	8,33 h	4,17 h
Custo do serviço de britagem (locação de escavadeira com a caçamba trituradora, combustível e operador)	R\$ 280,00/h	R\$ 280,00/h
Custo total para britagem de 125 m <sup>3</sup> de RCD	R\$ 2.332,40	R\$ 1.166,67
Custos por m <sup>3</sup> de RCD gerado	R\$ 18,66	R\$ 9,33

Fonte: empresa AC Tratores e Serviços Ltda.

Dependendo do tipo de agregado reciclado que se deseja obter, a produtividade aumenta o que reduz o custo, visto o mesmo estar relacionado ao tempo de operação do equipamento. Quanto maior a granulometria do agregado reciclado, menor tempo será necessário para britar um mesmo volume de RCD do que um agregado de menor granulometria.

Dessa forma, tem-se que das três empresas que trabalham com o serviço de gerenciamento de resíduos na região de SUAPE, a empresa Só Reciclável do Nordeste Ltda apresentou o menor custo para a destinação dos RCD para o aterro CTR-Candeias, R\$ 105,60/m<sup>3</sup>.

Quanto à reciclagem dos RCD no próprio local de geração, o custo é de R\$ 18,66/m<sup>3</sup> para a obtenção de um agregado com dimensões de brita e de R\$ 9,33/m<sup>3</sup> para a obtenção de um agregado com dimensões de rachão. Comparando-se os custos relativos à destinação ao aterro CTR-Candeias e a alternativa de reciclagem na própria obra, observa-se uma redução de custo de 82,3% para um agregado com dimensão de brita e 91,2% para um agregado com dimensão de rachão.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A alternativa de reciclagem de RCD na região de SUAPE em Pernambuco, utilizando-se um equipamento do tipo caçamba trituradora no próprio local de geração do resíduo, demonstrou uma redução de custos de 82,3% a 91,2% em relação à usual destinação final ao aterro industrial CTR-Candeias.

Não houve acesso ao planejamento das obras que estão sendo retomadas na RNEST para a obtenção de dados projetados do volume de RCD a serem gerados, mas considerando a informação dada pela empresa que foi responsável pela construção das interligações entre as unidades da RNEST de que gerou mais de 20.000 m<sup>3</sup> de RCD ao longo da obra que executou na refinaria, o custo que teria hoje seria de R\$ 2.112.000,00 e se fosse adotada a reciclagem dos resíduos, o custo reduziria para R\$ 186.600,00 a R\$ 373.200,00 para agregado tamanho rachão e agregado tamanho brita, respectivamente.

Fica evidente que a adoção de reciclagem dos RCD na própria obra é viável, não só pela significativa redução de custos que traz quanto à destinação final do resíduo, mas ainda pela economia que proporcionará substituindo a brita e o rachão pelo agregado reciclado na melhoria de ruas não pavimentadas na obra para trânsito de veículos ou mesmo usando-o com menor granulometria em massas de concretos não estruturais. Há de ser considerar ainda outros benefícios da reciclagem de RCD, tais como o aumento da vida útil do aterro da Muribeca, a redução no consumo de recursos naturais na região, a redução do consumo de energia e a redução

da poluição decorrentes do processo de produção mineral, assim como o pleno atendimento à Resolução CONAMA N° 307/2002.

Para a utilização dos agregados reciclados obtidos, deve-se dar continuidade nos estudos expostos neste trabalho, com a finalidade de aprofundar a pesquisa sobre as características técnicas de interesse para a aplicação desejada, principalmente o comportamento estrutural e o desempenho em relação ao agregado convencional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo, 1999. Disponível em <[www.ecoambientalmt.com/resources/Acervo/Acadêmico/TESE\\_TARCISIO.pdf](http://www.ecoambientalmt.com/resources/Acervo/Acadêmico/TESE_TARCISIO.pdf)>. Acesso em 15 de setembro de 2017.
2. KARPINSK, L. A. et al., Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental. Edipucrs. Porto Alegre, 2009. Disponível em <<http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/GestaodeResiduosPUCRS.pdf>>. Acesso em 10/09/2018.
3. MORAIS, G. M. D. Diagnostico da deposição clandestina de resíduos da construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia: subsidio para uma gestão sustentável. 2006. 201f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia; 2006.
4. PINTO, T. P.; LIMA, J. A. R. Industrialização de componentes a partir de definição de uma política de reciclagem de resíduos da construção urbana. In: Simpósio Íbero-Americano sobre Técnicas Construtivas Industrializadas para Habitação de Interesse Social, São Paulo. 1993.