



TÉCNICAS DE MANEJO E GESTÃO ADEQUADAS DE USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCC

Gilson Morales⁽¹⁾

Doutor em Engenharia Civil/EPUSP e École des Ponts et Chaussées de Paris, Professor Associado do Departamento de Construção Civil da Universidade Estadual de Londrina – UEL

Luiz Paulo Pereira Borges

Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina

Patrícia Martins Lopes

Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina

Victor Pereira Augusto Zamaia

Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina

Vilson Gomes da Assunção Júnior

Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina

Endereço⁽¹⁾: Rod. Celso Garcia Cid PR445 Km:380. Campus Universitário. Bairro Perobal, Londrina/Paraná. CEP:86.051-990. Fone: (43) 3371-4466. e-mail: gmorales@uel.br

RESUMO

Uma característica marcante dos dois últimos séculos foi, sem dúvida, o avanço verificado na sociedade em relação à tecnologia e aos conhecimentos de maneira geral. Tais conhecimentos se tornaram muito importantes na vida social, devido ao conforto e ao *status* que os mesmos trouxeram para os cidadãos da sociedade na qual estão inseridos. Decorrente disto, por outro lado, ocorreu uma elevação na taxa de consumo de produtos industrializados, o que resultou, proporcionalmente, na geração e descarte de resíduos. Uma vez que, na maioria das cidades, não há locais adequados em quantidade suficiente para suportar o montante dos resíduos produzidos, estes acabam sendo, cada vez mais, depositados em locais impróprios.

Dentre os resíduos produzidos pela sociedade, destaca-se o resíduo de construção civil - RCC, em virtude do contínuo crescimento desta área, seja na produção de materiais, seja na execução de serviços, o que resulta numa grande contribuição ao volume total de resíduos urbanos gerados. Para resolver o problema do RCC, inicialmente devem ser estudadas intervenções que visem minimizar a sua geração. Em segundo lugar, é preciso organizar um sistema de segregação e coleta eficientes, no próprio local os mesmos são gerados, de forma a reduzir o problema da deposição clandestina. Além disso, é necessário encontrar e desenvolver alternativas para sua reutilização ou reciclagem, diminuindo o volume de rejeitos. Assim, uma forma de aproveitar o RCC, incorporando-lhe valor agregado, é por meio da reciclagem.

Há a necessidade de se popularizar a implantação de usinas de reciclagem nas cidades de médio e grande porte, buscando-se uma gestão eficiente destas usinas, uma vez que as mesmas são de fundamental importância para que o sistema funcione. O sucesso destas iniciativas está diretamente relacionado ao controle rigoroso de todas as etapas e operações envolvidas, pois cada uma delas pode interferir negativamente sobre o produto final, diminuindo a eficiência da usina e a qualidade dos produtos, reduzindo a viabilidade do processo de reciclagem. A eficiência destas usinas não depende apenas de seus processos de reciclagem, mas também do tipo de material que é encaminhado a elas para ser processado. Quanto mais “sujas” as caçambas, o que equivale dizer, quanto mais contaminados os resíduos por componentes indesejáveis, como resíduo orgânico, menor o volume de material a ser reciclado visando a produção de materiais de construção. Além do que, estes resíduos impróprios podem comprometer a qualidade dos agregados reciclados produzidos.

A eficiência máxima de uma usina de reciclagem poderá ser atingida quando houver a consciência, por parte da população em geral, e mais especificamente, pelos profissionais da indústria da construção civil, da necessidade da segregação, da coleta seletiva e da não contaminação das caçambas depositadas, muita vezes, em áreas públicas. É de fundamental importância, que haja esta conscientização a respeito da necessidade de se realizarem a segregação no canteiro e a destinação correta dos resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência de usinas de RCC, Segregação de RCC, Gestão de RCC, Resíduos de construção civil.

INTRODUÇÃO

Com o início da chamada Revolução Industrial, a sociedade passou a ter contato com um conceito que era até então desconhecido: tecnologia. A tecnologia surgiu fundamentalmente como maneira de se aumentar a produção industrial, independente do que tal fato pudesse gerar.

Um dos grandes marcos dos últimos séculos foi, sem dúvida, o avanço em relação ao desenvolvimento tecnológico e de novos conhecimentos. Tais conceitos se tornaram muito importantes no cotidiano da sociedade, devido ao conforto e ao *status* que os mesmos trouxeram para a sociedade. Dessa maneira, hoje é impossível se pensar no conceito de “sociedade moderna” sem levar em conta o seu grau de desenvolvimento tecnológico.

Assim como todos os marcos na sociedade, a tecnologia também tem seu lado negativo. Uma vez que o seu uso propiciou um aumento na produção de bens e serviços em geral, provocou, proporcionalmente, a geração de resíduos. Este fenômeno da geração de resíduos, os quais nem sempre têm destinação adequada quando de seu descarte, também aumentou o volume de material não aproveitável. Uma vez que não há locais adequadamente suficientes para suportar tal montante de resíduos, cresce progressivamente a proliferação de pontos de descarte inadequados.

Ferreira (2008) afirma que, devido à grande presença de resíduos nas cidades brasileiras, é muito importante que se disponha de alternativas para suprir esta necessidade de reduzir este montante, seja por meio da aplicação de técnicas de reaproveitamento, seja por meio da reciclagem. Devido à quantidade de lixo, o meio mais eficiente para se realizar esta tarefa seria a segregação e a posterior reciclagem.

A construção civil não é exceção neste caso. Sendo considerado um berço de tecnologia, este ramo de estudo e prestação de serviços também sofre com o excesso de resíduos, o que em alguns casos se torna mais agravante, pelo fato de que muitos dos materiais usados na construção civil constituem-se em contaminantes que comprometem a qualidade de vida, por apresentarem composição química deletéria e que coloca em risco a saúde da população, como é o caso das tintas e solventes, dos metais pesados e dos compostos ácidos. Estes materiais, uma vez que não tenham uma destinação correta, podem afetar gravemente o ambiente no qual são depositados.

Desta forma, para resolver o problema do RCC, é preciso organizar um sistema de segregação e coleta seletiva eficientes, de maneira que seja possível minimizar o problema da deposição clandestina. Para a introdução das práticas de reciclagem é necessário, inicialmente, que os geradores, tanto grandes, quanto pequenos, estejam conscientizados da necessidade da não contaminação das caçambas e *bags*, normalmente utilizados para a remoção dos resíduos dos canteiros de obra e dos locais de reformas, de maneira que o material destinado aos pontos de reciclagem dispense operações de catação e consumo desnecessário de mão de obra, que viriam onerar o processo. Uma outra necessidade, a qual seria um agente facilitador bastante importante, diz respeito ao estabelecimento de locais de descarte regular pelo poder público e à facilidade de acesso a estes locais, garantida por uma logística bem planejada e que garanta percursos os mais racionais possíveis, com a utilização adequada das vias de acesso existentes.

A reciclagem, além de trazer o benefício da diminuição em grande escala do acúmulo de lixo urbano, possibilita a diminuição do uso de materiais não renováveis, garantindo-lhes um valor agregado, e coopera com a geração de emprego e novas fontes de renda. Um material reciclado, o qual teria sido simplesmente descartado, comprometendo a qualidade ambiental, vem sendo comercializado, na forma de agregado para concretos e argamassas, a valores de cerca de R\$ 17,00 o m³.

O melhor exemplo de processo de reciclagem, atualmente, são as chamadas “usinas de reciclagem”, as quais se constituem em estabelecimentos industriais, cuja característica básica é a transformação e/ou o beneficiamento de resíduos coletados e comercializados por terceiros, tais como, papel, alumínio, plástico, vidro, madeira, etc. Estas usinas que, segundo Jadovski (2005), até 2005 estavam implantadas em apenas cinco municípios brasileiros, hoje se espalham por todo o Brasil e são comprovadamente eficientes.

Conforme Munhoz e Renofio (2008), as pesquisas de reciclagem de resíduos como materiais de construção têm apresentado crescimento significativo. Desde 1991, a ISCOWA (The International Society for the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials), promove conferências sobre a discussão da reciclagem de resíduo no âmbito da construção civil. No Paraná, de acordo com a Tabela 1, apenas 22 municípios dispõem de técnicas de processamento de resíduos.

Tabela 1. Quantidade de municípios com serviço de manejo de resíduos da construção civil – RCC no Paraná

	Paraná
Total de Municípios	399
Municípios com serviço de manejo dos resíduos de construção e demolição	272
Municípios com processamento de resíduos	22
Tipos de processamento dos resíduos	
Triagem simples dos resíduos de construção e demolição reaproveitáveis (classes A e B)	10
Triagem e trituração simples dos resíduos classe A	-
Triagem e trituração simples dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados	1
Reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos	6
Outros	6

IBGE, 2008

Por ser uma tecnologia relativamente nova para os padrões brasileiros, muito embora venha sendo discutida há mais de 25 anos no meio técnico e acadêmico, a utilização destas usinas, apesar de muito benéficas para o meio ambiente, apresenta uma eficiência limitada. Assim, muitos resíduos deixam de ser aproveitados, ou mesmo processados, o que limita a eficácia destas usinas, sendo necessários certos cuidados no âmbito da indústria da construção civil, no sentido de se estimular a segregação ainda no local aonde os resíduos foram gerados.

Uma vez que os resíduos de construção, os quais também são denominados de calça, metralha ou entulho de obra, devem ser reaproveitados ou reciclados para uso na própria construção civil, é preciso uma análise a respeito da qualidade deste produto enquanto material de construção e do seu desempenho quando incorporado pelo sistema em questão. O desconhecimento a respeito destes aspectos, muitas vezes, tem limitado o seu emprego, tanto em concretos, como em argamassas, por haver certo preconceito de que o resultado da utilização de um material reciclado seria insatisfatório. Deste modo, se torna indispensável, o desenvolvimento de métodos e processos de reciclagem que possam garantir maior homogeneidade do produto e uma produção padronizada e mais confiável, evitando, desta forma, má qualidade do material e possíveis problemas com o seu uso.

Uma vez que no Brasil, a construção civil vive um momento de amplo crescimento e desenvolvimento, se torna fundamental conhecer métodos eficientes para se reduzir o montante de RCC acumulado e intensificar a prática da reciclagem, muito embora o ideal fosse a redução da geração de RCC.

Os resíduos da construção civil são classificados pela Resolução 307/2002 do CONAMA da seguinte maneira:

Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Diante deste panorama, o presente trabalho busca apontar técnicas de gestão de usinas de reciclagem de RCC para melhorar a qualidade dos agregados reciclados nelas produzidos, bem como, aumentar a eficiência das mesmas. Além disto, propõe uma metodologia para realizar a medida de eficiência de usinas de RCC.

COLETA / TRANSPORTE

O método convencional para o transporte de RCC é o uso das caçambas e veículos transportadores, que podem ser de propriedade da própria empresa executora da obra, ou terceirizados. Existem, além das caçambas convencionais, ou caçambas abertas, como ilustra a figura 1, que são aquelas estacionárias com capacidade de 3 a 5m³, as caçambas fechadas, vide figura 2, que possuem tampa e, muitas vezes, podem ser trancadas, sendo que a chave fica em posse do contratante do serviço. Este tipo de caçamba traz benefícios à empresa e ao meio ambiente, pois evita que terceiros as utilizem como depósitos de lixo, facilitando assim o processo de segregação e reciclagem de materiais, o que traz como benefício a diminuição do montante de lixo com destinação incorreta.

Existem também as *bags*, que são grandes bolsas feitas em rafia, com quatro alças, cuja capacidade é de, aproximadamente, 1m³. Estas são, geralmente, usadas para a segregação e o armazenamento temporário de resíduos, como serragem, isopor, plásticos, entre outros. Outra alternativa para a deposição de resíduos são as báias, que são depósitos fixos, geralmente em madeira ou alvenaria, as quais servem para armazenar restos de madeira, ferro, aço, entre outros.

As *big bags*, por sua vez, uma variação das *bags*, são produzidas em polipropileno, como mostra a figura 3, e vêm inovando a estocagem temporária de resíduos, devido a sua praticidade e facilidade de manuseio. Elas permitem que os materiais sejam separados, facilitando assim o processo de reciclagem dos materiais. São flexíveis e podem ser reutilizadas desde que sejam tomados alguns cuidados no armazenamento de materiais que possam danificá-las.



Figura 1 – Caçamba aberta



Figura 2 – Caçamba fechada



Figura 3 – “Big Bags”

RECEBIMENTO

O recebimento das caçambas nas usinas de reciclagem deve atentar para alguns procedimentos indispensáveis para o bom andamento da operação. Ao se receberem as caçambas, estas devem ser classificadas em:

- Caçamba suja: as que contém plástico, gesso, papel, madeira, etc;
- Caçamba limpa: as que contém apenas RCC classe A, como blocos e tijolos cerâmicos, argamassa, concreto e brita.

As caçambas limpas dispensam triagem e seus resíduos seguem direto para o britador, sendo posteriormente separados por um conjunto de peneiras, de acordo com a granulometria desejada. Já as caçambas sujas, devem passar por um processo de segregação manual dos materiais, a catação, devendo ser removidos tudo o que não for da Classe A ou que não interessar ao processo.

O recebimento de caçambas limpas diminui os custos da reciclagem e aumenta o rendimento do processo e a qualidade do produto final. Devido a estes fatores, é muito importante incentivar a prática da segregação já no canteiro de obras, bem como, o emprego de caçambas fechadas, de forma a garantir a entrega de caçambas limpas às usinas recicladoras. Estas usinas, visando incentivar a entrega de caçambas limpas, podem se servir do artifício da redução das tarifas de recebimento das mesmas, se estas virem com o conteúdo em condições adequadas.

SEPARAÇÃO

As caçambas limpas, assim que chegam às usinas, normalmente são encaminhadas diretamente ao britador de mandíbula ou de martelo, enquanto que as caçambas sujas têm que passar pelo processo de segregação manual. Por meio deste processo, os resíduos são separados nas seguintes classes: orgânicos, RCC da classe A, portanto, reciclável para fins de produção de agregados para concretos e argamassas e RCC reciclável, porém não neste processo.

Os resíduos orgânicos, os não aproveitáveis e os recicláveis são separados por meio do processo de catação manual ou segregação e sua destinação ocorre de acordo com os critérios adotados pela empresa; já o RCC classe A é encaminhado para as operações constituintes do processo em questão. A figura 4 apresenta um fluxograma do processo de reciclagem de RCC.

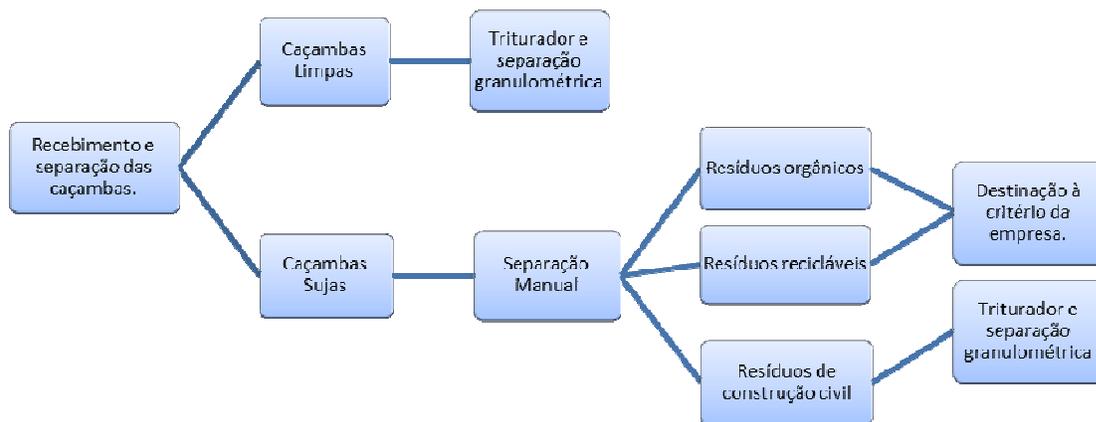


Figura 4 - Fluxograma do processo de reciclagem de RCC.

PROCESSAMENTO

Dando seqüência ao processo de reciclagem, os resíduos de construção civil são então encaminhados ao britador de mandíbula ou martelo, ambos mecanismos que trituram e quebram os materiais, fazendo com que estes apresentem grãos de diferentes dimensões. Antes de serem depositados na boca do britador, ainda ocorre uma seleção final, com a eliminação de materiais de dimensões muito grandes ou impurezas que, por ventura tenham passadas despercebidas no processo de triagem e segregação final. A principal diferença entre estes britadores está na forma e na dimensão dos grãos obtidos, sendo que o britador de martelo é uma ferramenta mais simples e robusta, o qual acentua a forma lamelar dos agregados, enquanto que os britadores de mandíbula são melhores e garantem mais uniformidade nas partículas. Existem vários tipos de britadores, sendo que o de melhor desempenho é o britador giratório, pois este imprime ao agregado uma forma mais arredondada ou cúbica, o que favorece o seu desempenho em concretos e argamassas. Dentre os trituradores de rocha pode-se citar: trituradora de Maxila; britador de Impacto; de Cone Symons; de Cone com Molhas; de Martelo, Cônica; de Rolo, entre outras.

Após passarem pelo britador, os resíduos triturados seguem por uma esteira até o conjunto de peneiras, sendo então separados em diferentes faixas granulométricas, como pode ser visto na figura 5. O material resultante deste processo, denominado de agregado misto, areia de britagem vermelha ou brita de RCC misto, pode ser utilizado como lastro de calçadas ou como componente de concretos e argamassas sem fins estruturais, como os utilizados em meios-fios, pré-moldados como bate-rodas ou blocos *new-jersey*, desde que este uso seja adequado ao traço de concreto ou argamassa.

Uma alternativa bastante utilizada em algumas usinas, para garantir um material mais homogêneo e que apresente um desempenho mecânico mais confiável, é segregar o concreto em um monte a parte e produzir agregados apenas com este material. Dentre os componentes do RCC classe A, o concreto é o que apresenta características mais homogêneas, resultando em agregados de melhor qualidade, o que faz deste material um material adequado para ser utilizado em qualquer tipo de argamassa, seja para alvenaria de vedação, revestimentos ou alvenaria estrutural, bem como para concretos estruturais.



Figura 5 – Processo de separação dos agregados por peneiramento em diferentes faixas granulométrica.

Como exemplo, em Londrina, a única empresa que se destina a esta atividade recebe cerca de 150 caçambas por dia, valor correspondente a cerca da metade do número de caçambas geradas na cidade, o que representa 400m³ de resíduos. Deste volume recebido na usina, são aproveitados em torno de 100m³, repercutindo em uma média de 3000m³ de resíduo reciclado por mês.

Assim, uma maneira de se medir a eficiência de uma usina de reciclagem é comparar a quantidade de resíduos que ela recebe com a quantidade de material reciclado que ela produz, o que pode ser feito por meio da relação:

$$Ef = \frac{V_P * 100}{V_R}$$

Onde, Ef é a eficiência em percentagem, **V_P** é o volume de material reciclado produzido e **V_R** o volume de resíduos recebido.

Além disto, é importante avaliar a eficiência em função dos tipos de agregados produzidos, ou seja, agregados graúdos e miúdos. Neste caso, a avaliar da eficiência pode ser obtida pela seguinte relação:

$$Ef = \frac{100 * (V_{AG} * 5 + V_{AM} * 4)}{V_R * 5}$$

Onde **V_{AG}** é o volume de agregados graúdos produzidos na usina (brita) e **V_{AM}** é o volume de agregados miúdos (areia de reciclagem).

ESTOCAGEM

Os agregados reciclados são estocados em montes a céu aberto e separados de acordo com sua granulometria, como mostra a figura 6. Além disto, devem ser separados por lotes, de acordo com os tipos de materiais de construção presentes no lote de origem. Exemplo disto é quando se separa o concreto dos outros lotes, para que se tenha um material reciclado de melhor qualidade, em função do concreto apresentar qualidade superior aos demais materiais.



Figura 6 – Estocagem de agregados a céu aberto.

A estocagem desses materiais a céu aberto pode representar um grande problema com relação à presença de umidade nos agregados miúdos, caso esta umidade não seja considerada, uma vez que, no caso da areia vermelha, o alto teor de material argiloso faz com que a adsorção de água seja acentuada. A presença de umidade também pode favorecer a proliferação de agentes biológicos. Segundo Morales (2010), a água é um elemento vital para o desenvolvimento de microorganismos causadores da biodeterioração dos concretos e argamassas e os ambientes úmidos apresentam maior propensão ao seu desenvolvimento. O processo de biodeterioração de materiais é um fenômeno no qual a atividade metabólica e o crescimento de microorganismos podem levar à produção de ácidos e, por conseguinte propiciar a dissolução de compostos hidratados do cimento. (SANTOS, 1999)

COMERCIALIZAÇÃO

Os agregados reciclados tanto podem ser comercializados na própria usina recicladora, a pronta entrega ou sob encomenda, como podem ser encaminhados para terceiros, sendo vendidos a preços que chegam a ser quatro vezes menores que os valores praticados no comércio tradicional de materiais, como areia lavada de rio e a brita de origem basáltica ou granítica. Para atender a demandas que impliquem em grandes volumes de agregados, é necessário que haja um planejamento e uma programação de destinação, uma vez que a afluência de resíduos pode ser sazonal e variar ao longo de diferentes períodos do ano.

Os resíduos são fornecidos em diferentes faixas granulométricas e apresentam composição variada, podendo ser constituídos apenas por concreto ou mistos, como pode ser visto nas figuras de 7 a 10.

O material bruto, sem uma classificação em faixas granulométricas, que tanto pode ser apenas de concreto reciclado, como de RCC misto, é denominado “rachão”, como mostra a figura 10.



Figura 7 – (a) Areia de concreto (b) Areia vermelha mista



Figura 8 – (a) Brita 1 (Concreto) (b) Brita 1 (Material Misto)



Figura 9 – (a) Pedrisco (Concreto) (b) Pedrisco (Material Misto)



Figura 10 – (a) Rachão (Concreto) (b) Rachão (Material Misto)

RESULTADOS

Para manter garantir o funcionamento eficiente de uma usina de reciclagem, é necessária uma triagem inicial do material coletado, promovendo assim a retirada dos materiais que não são RCC classe A, o foco destas usinas, evitando assim que materiais não recomendados para este processo se misturem ao material processado, influenciando na qualidade e no desempenho do produto final. Com o mesmo objetivo, é fundamental que sejam observados os devidos cuidados no manejo, estocagem e transporte destes materiais. É importante também, que o material reciclado seja mantido em local adequado, para que se facilite sua remoção e transporte para os respectivos destinos.

O processo de reciclagem de resíduos de construção civil resulta em agregados de menor custo que os agregados tradicionais, porém é necessária cautela em relação ao seu uso, uma vez que tais agregados não apresentam as mesmas características mecânicas dos agregados comuns. Assim, tal material se destina, particularmente, a fins específicos e, no caso do RCC misto, o material resultante é destinado a empregos em que não haja a necessidade de elevados valores da resistência mecânica, ou onde não se exija um desempenho estrutural do concreto com ele produzido. Esta limitação já não vale para os agregados de concreto reciclado. Desta maneira, é possível reduzir gastos em obras sem prejudicar a qualidade da mesma, além de que, esta prática se constitui numa medida importante para a preservação do meio ambiente, segundo a política da sustentabilidade.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FERREIRA, I.M.P.- SILVA, A.B.d. – FABER, M.A.; A coleta seletiva do lixo urbano , disponível em: <http://noticias.ambientebrasil.com.br/artigos/2008/04/08/37410-a-coleta-seletiva-do-lixo-urbano.html>
2. JADOVSKI, IURI- Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição / IuriJadovski. – 2005.
3. SANTOS, LEONILDA CORREIA. Laboratório Ambiental – 1 ed – Cascavel: Editora Universitária – EDUUNIOESTE, 1999.
4. MORALES , G. – FILLA, J.C. – AUDIBERT, J.L. – Biodeterioração de concretos e argamassas. Revista Técnica, Ed. 157, 2010.
5. Kurica Seleta. Disponível em: <<http://www.kuricaambiental.com.br/>>