

Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição na Usina Presidente Vargas da Companhia Siderúrgica Nacional através da geração de Britas e produção de Blocos Intertravados para pavimentação

1. RESUMO

Estima-se que no Brasil a geração de RCD(resíduo de demolição e construção) esteja na ordem de 70 milhões de toneladas anuais, podendo representar até 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos, contribuindo para a exaustão prematura dos Centros de Tratamento de Resíduos (CTR) ou aterros sanitários.

A solução tradicional de se dispor estes resíduos em aterros licenciados, prática legalmente aceita, constitui desperdício de recursos naturais, contrário ao espírito da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

2. INTRODUÇÃO

A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), fundada em 9 de abril de 1941, foi o berço da moderna indústria de base do Brasil. Iniciativa pioneira, a Usina Presidente Vargas, situada no município de Volta Redonda-RJ, através de inúmeras expansões, proporcionou a oferta crescente de produtos siderúrgicos ao nascente mercado brasileiro de bens de consumo

Devido às necessidades de atualizações tecnológicas, qualquer intervenção no parque fabril da UPV exige atividades de demolição e escavação, gerando volumes consideráveis de resíduos de construção e demolição (RCD), popularmente chamados de entulhos. Estes resíduos são classificados como resíduos não perigosos, sendo constituído por materiais de origem mineral como concretos, argamassas, cerâmicas e rochas.

Com todo o complexo siderúrgico, há uma grande geração de resíduos que podem ser introduzidas de volta nos processos industriais, por este motivo a CSN conta com um sistema de coleta de resíduos e destinação final ambientalmente adequada para o mesmo, sendo assim um complexo industrial que abrange o conceito de reciclagem.

“XIV - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes...; “

3. JUSTIFICATIVA

Nos anos de 2007 a 2010 a CSN gastou mais de R\$ 4 Milhões por ano em descarte de RCD, esse aumento de descarte ocorreu devido a obras de implantação de novas unidades na UPV como: a fábrica de cimento e a fábrica de aços longos que elevaram a geração de RCD da ordem de 12.000 t/a para próximo a 40.000 t/a.

Na busca de soluções ambientalmente adequadas a CSN vem implantando através da Gerência Geral de Processos Siderúrgicos, uma série de projetos, voltados para o desenvolvimento de tecnologias para reciclagem de resíduos industriais, entre estes o RCD, vindo de encontro ao atendimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos. De acordo com este conceito, a CSN implantou em 2013 uma unidade de reciclagem de RCD, constituída por uma unidade de produção de agregados e de blocos intertravados.

A produção de agregados e blocos intertravados, tem a finalidade de serem utilizados diretamente na manutenção civil e pavimentação da UPV e de outras unidades da CSN, tais como: instalações portuárias em Sepetiba-RJ; unidade de galvanização em Porto Real-RJ; vias de acesso da Mineração de Casa de Pedra em Congonhas-MG, e; unidade de galvanização em Araucária-PR.

Esta unidade, licenciada pelo Instituto Estadual de Ambiente (INEA), constitui a primeira unidade de reciclagem de RCD a operar no Sul Fluminense, constituindo um exemplo para os municípios do Sul do Estado do Rio de Janeiro na Gestão de Resíduos Sólidos.

Esta iniciativa reafirma a vocação de pioneirismo da CSN, ao ser a primeira usina siderúrgica da América Latina a operar continuamente tais instalações sob uma ótica diferenciada.

4. OBJETIVO

4.1. OBJETIVO GERAL

Atender a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que preconiza:

- Reduzir os impactos ambientais da disposição do RCD, através de um sistema de gerenciamento integrado na fonte geradora;
- Reaproveitar ou reciclar o RCD;
- Não destinar RCD recicláveis em aterros industriais.

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Implantar unidade de reciclagem de RCD na CSN para produção de agregados e blocos intertravados para pavimentação.

5. METAS

Considerando-se que são geradas, na Usina Presidente Vargas, aproximadamente 12.000 toneladas de RCD por ano, foram estabelecidas as seguintes metas:

- Reciclar 100% de RCD não friável gerado.
- Substituir 10% dos agregados naturais adquiridos.
- Substituir 50% dos blocos intertravados adquiridos.

6. PRODUTOS

Com o projeto de beneficiamento de RCD temos a conclusão de 2 produtos finais sendo eles: Brita e Blocos de pavimentação.

7. METODOLOGIA

Para concepção do projeto estabeleceu-se a seguinte metodologia de trabalho:

- Pesquisa Bibliográfica;
- Caracterização do RCD gerado na UPV;
- Fluxo do processo de geração e disposição do RCD na UPV;
- Teste de Beneficiamento;
- Instalação e Operação;

7.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica compreendeu o levantamento de trabalhos desenvolvidos em universidades, empresas, associações técnicas e legislações pertinentes. Durante a pesquisa foi identificado ciclo de vida dos materiais de construção civil de acordo com Hendriks (2000), figura 1.

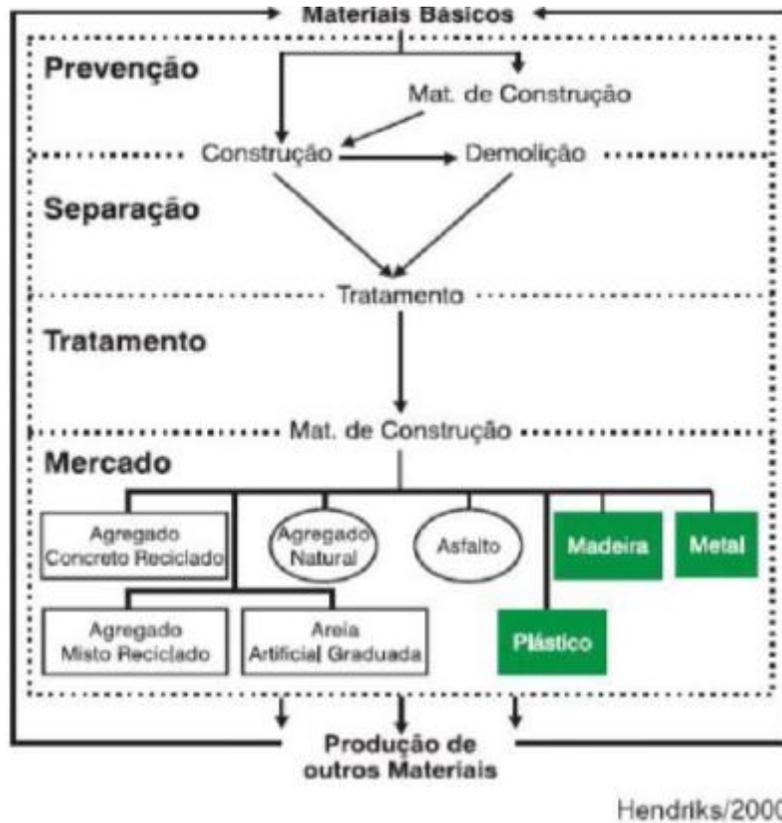


FIGURA 1 - Gestão responsável de acordo com Hendriks

Este fluxo estabelece a necessidade da prevenção da contaminação dos materiais passíveis de reciclagem, identificando a obrigatoriedade da segregação dos diferentes materiais durante as etapas de construção e demolição, propiciando condições ótimas para o beneficiamento, de forma que o material segregado adquira valor de mercado a partir da possibilidade de utilização.

De acordo com Guedes dos Santos (2007) as contribuições das pesquisas sobre o potencial de utilização dos RCD's consolidam um novo produto no mercado quando diversas aplicações são encontradas. A pequena valorização dos RCD's reciclados na atualidade é um fenômeno natural e aconteceu com diversos outros produtos, figura 2.

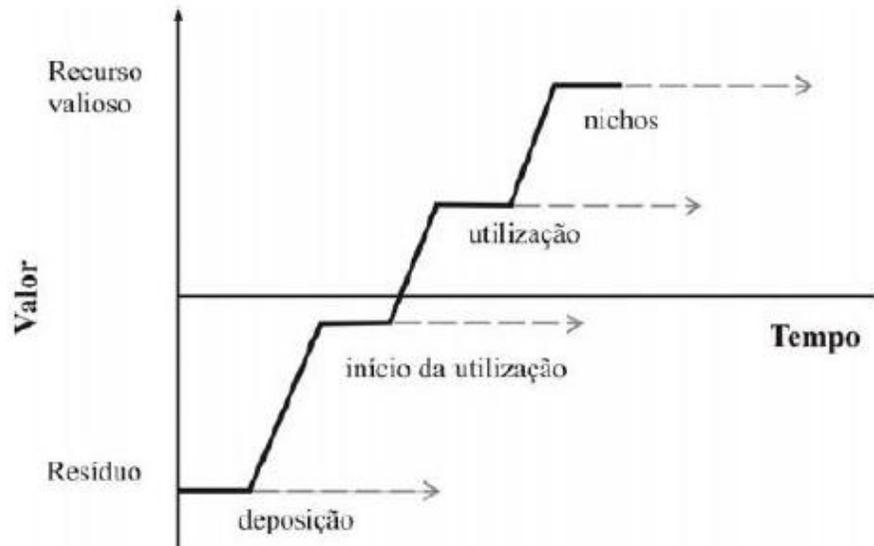


FIGURA 2 - Ganho de valor de produto à medida que se consolida e se descobre nichos de aplicação

Diante dos aspectos considerados verificou-se a viabilidade técnica do desenvolvimento de uma unidade de reciclagem de RCD que proporcione a geração de materiais uteis.

7.2. CARACTERIZAÇÃO DO RCD NA UPV

Para o desenvolvimento do processo de gestão foi necessário entender as características do resíduo gerado utilizando-se a definição da Resolução 307 do CONAMA que define os resíduos de construção civil como:

*“Resíduos da construção civil, são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de **entulhos de obras** calça ou metralha.”*

Desta forma, os entulhos são classificados segundo as seguintes características básicas:

- Cinza (com presença dominante de materiais cimentícios, figura 3)



FIGURA 3 – Materiais cimentícios

- Vermelho Friáveis (com presença dominante de materiais cerâmicos, figura 4)



FIGURA 4 –Materiais vermelhos friáveis.

- Mistos (com presença de diversas fases, tais como argamassa, cerâmica, cerâmica polida, materiais betuminosos, concreto, rochas, entre outros, figura 5).



FIGURA 5 – Materiais Mistos

Foi verificado que os RCD's gerados na UPV apresentavam características: Mista e Cinza, indicando contaminação com outros tipos de materiais conforme demonstram as figuras 06 e 07.



FIGURA 06- Entulho de obra na UPV



FIGURA 07 – Entulho de obra contaminado com diversos materiais

7.3. FLUXO D O PROCESSO DE GERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DO RCD NA UPV

Foi mapeado o fluxo do processo de geração e disposição do RCD, figura 08.

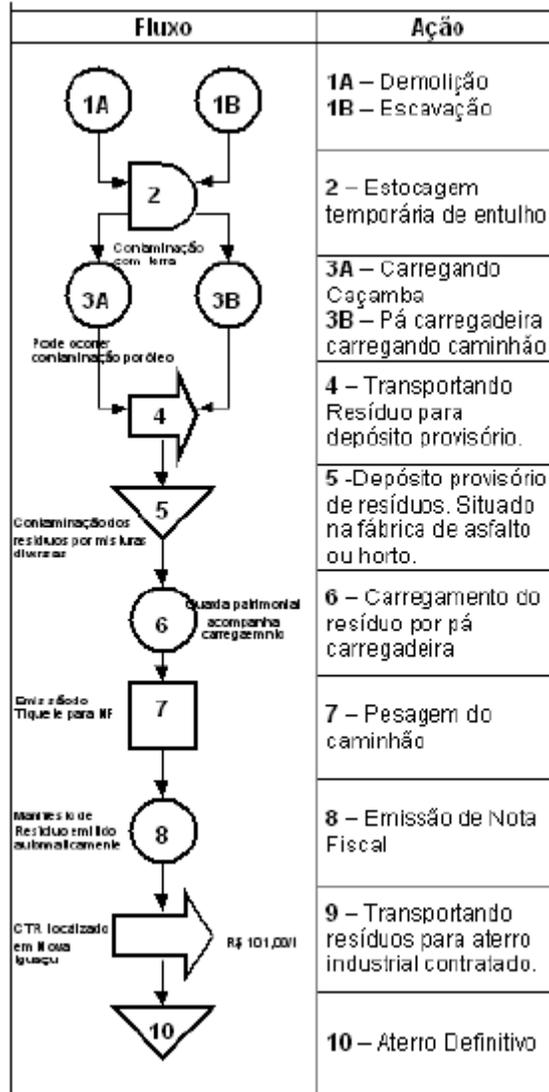


FIGURA 8- Fluxo de geração e disposição

A partir da análise de processo foi implantado novo fluxo, figura 09, para a captação e destinação do RCD.

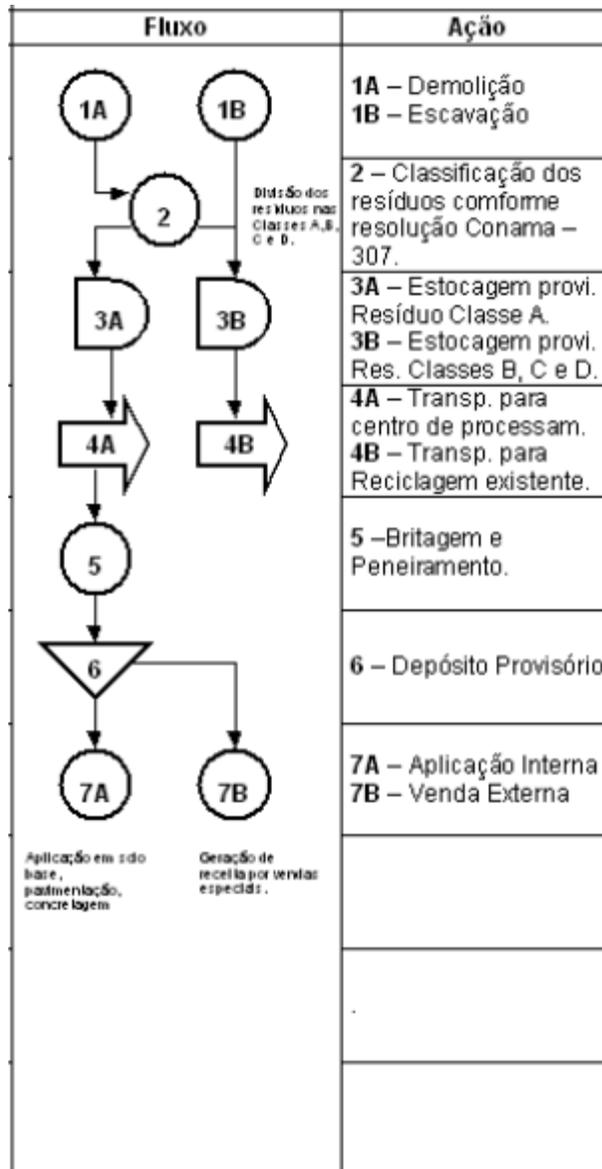


FIGURA 9 – Novo fluxo de geração e disposição

O novo fluxo promove na geração a segregação dos resíduos conforme sua classificação:

- Entulho a base de concreto
- Entulho a base de alvenaria
- Material de escavação
- Entulhos ou material de escavação contaminado.

7.4. TESTE DE BENEFICIAMENTO

Para atestar a viabilidade de utilização de produtos gerados a partir do beneficiamento do RCD gerado na UPV, foi realizado um teste de britagem e classificação utilizando-se a planta de beneficiamento de escória de aciaria LD, localizada em área externa a UPV.

As figuras 10 a 13 apresentam o material segregado para o teste industrial, seu transporte, beneficiamento e classificação



FIGURA 10 –Material



FIGURA 11 – Transporte do material selecionado



FIGURA 12 – Britagem do RCD



FIGURA 13 – Classificação do material britado

O produto beneficiado pela unidade de beneficiamento de escória de aciaria LD apresenta características dimensionais diferentes daquelas utilizadas pela indústria de construção civil, entretanto o mesmo apresentou propriedades adequadas para a sua utilização como agregados, figura 14.



FIGURA 14 – Produto gerado após britagem e peneiramento.

7.5. INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO

Para a implantação de uma unidade de beneficiamento de RCD na UPV, o projeto foi dividido em duas etapas:

Etapa 1- Unidade Piloto: Arrendamento de equipamento para britagem e classificação para geração de agregados e aquisição de equipamento de pequeno porte para produção de artefatos de concreto.

Etapa 2- Unidade Industrial: Aquisição de equipamento para britagem e classificação próprios e compra de equipamentos para produção em larga escala de artefatos de concreto.

A primeira etapa teve por objetivo consolidar a tecnologia de beneficiamento de RCD gerado na UPV, para permitir avaliação da eficiência dos equipamentos e também avaliar as características dos produtos gerados pelo projeto.

A partir dos dados coletados durante a operação da primeira etapa foi possível dimensionar uma unidade de grande porte para atendimento das necessidades de geração de RCD da UPV.

Na etapa 1, foi obtido resultados que indicaram que a geração de agregados finos e pedrisco correspondiam a aproximadamente metade do volume gerado, excedendo a demanda de consumo da UPV. A figura 15 e 16 ilustram o britador adquirido e os produtos gerados pelo processo de britagem.



FIGURA 15 – Sistema de Britagem e classificação em operação



FIGURA 16 – Agregados gerados

Para solucionar esta dificuldade de consumo foi adquirida uma máquina manual para fabricação de blocos intertravados, figura 17, para fins de pavimentação aos quais havia demanda, não somente na UPV como em outras unidades do grupo CSN.



FIGURA 17 – Máquina manual de produção de blocos intertravado.

Os produtos gerados eram estocados, figura 18, para permitir a sua cura por completo até atingir resistência mecânica suficiente para aplicação em pisos no interior da UPV.



FIGURA 18 – Empilhamento dos blocos intertravados para a cura.

Para garantir que o produto que estava sendo produzido atenderia as especificações da engenharia da UPV para aplicação na construção civil, foi acoplado à produção a análise de qualidade dos blocos produzidos, figuras 19 e 20. Nas avaliações preliminares os blocos intertravados alcançavam valores de resistência na ordem de 20 MPa com 72 horas de cura. Esta resistência era suficiente para garantir a sua aplicação no interior da UPV.



FIGURA 19 – Ensaio de resistência.



FIGURA 20- Foto do bloco após teste.

Para avaliação do desempenho dos blocos produzidos foi selecionada uma via transitó leve para aplicação, figuras 21, 22 e 23.



FIGURA 21 - Via sem pavimentação, escolhido para teste de aplicação.



FIGURA 22 – Via após pavimentação



FIGURA 23 – Via em utilização para estocagem de bobinas de aço

As britas 1 a 3 gerados na unidade britagem e classificação tem aplicações no interior da UPV como:

- Sub-base de pavimentação, figura 24.
- Lastro ferroviário para soca de linha, figura 25.



FIGURA 24 – Material para sub base de soca de linha



FIGURA 25- Via Ferroviária

Mediante ao sucesso da etapa 1, foi estabelecido as diretrizes para o início da etapa 2, onde visava a consolidação de uma planta industrial de beneficiamento de RCD envolvendo uma unidade de britagem e classificação própria, além de uma unidade de grande porte para produção de blocos intertravados.

Para atender as necessidades, as instalações foram dimensionadas para atender os seguintes requisitos:

- Área Coberta: 1.000 m²
- Área Externa: 4.000 m²
- Capacidade Mensal:
 - Blocos Intertravados: 2.000 m²
 - Agregados: 600 ton
- Efetivo: 12 colaboradores
- Máquinas móveis:
 - 1 pá carregadeira
 - 1 empilhadeira

Para implantação da segunda etapa foi selecionada uma nova área, figura 26, contemplando uma nova unidade de britagem e classificação, figura 27, e uma nova fábrica de blocos intertravados mecanizada.



FIGURA 26 - Imagem do Google Maps da nova unidade de beneficiamento de RCD.

Para garantia dos parâmetros de qualidade, foi estabelecido um sistema de avaliação contínua da produção:

1. Controle granulométrico da mistura utilizada para produção dos blocos intertravados, figura 29.

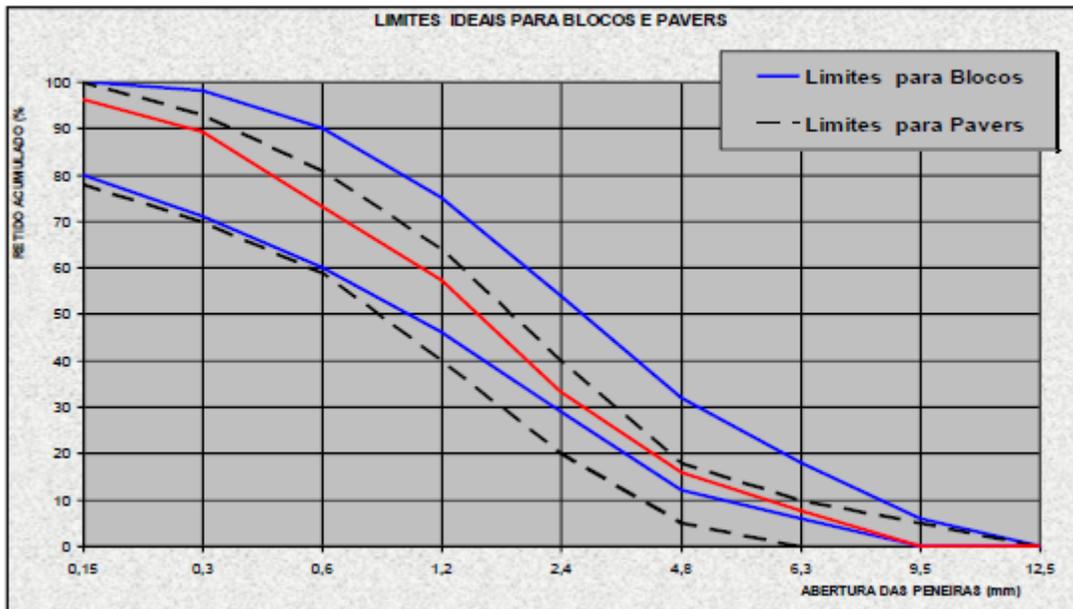


FIGURA 29 – Curva de distribuição granulométrica da mistura de agregados

2. Controle de umidade, figuras 30 e 31.

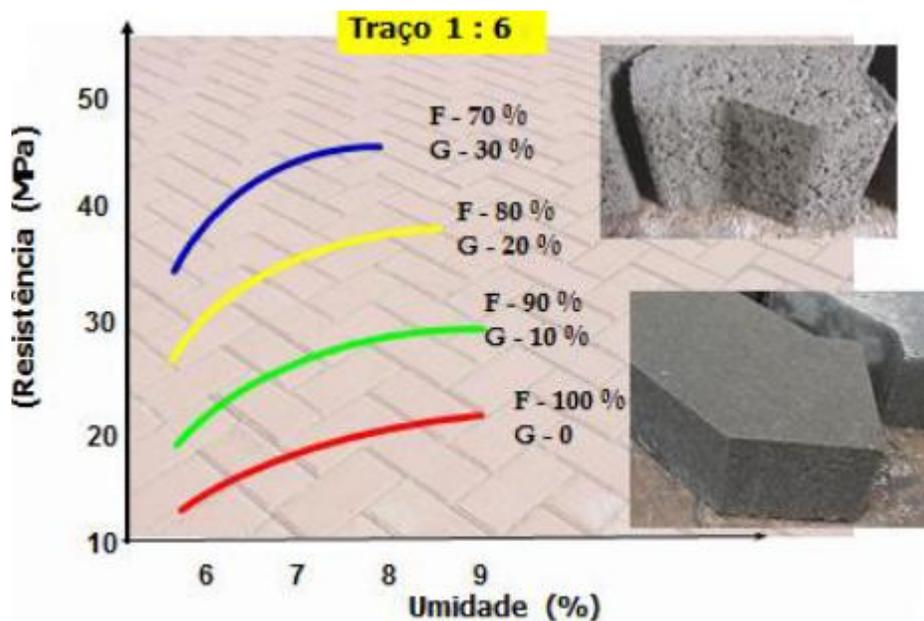


FIGURA 30 - Influência da umidade na resistência mecânica dos blocos.



FIGURA 31 - Teste prático de avaliação de umidade

3. Teste de avaliação de resistência mecânica, figura 32.



FIGURA 32 - Teste de resistência Mecânica.

8. PÚBLICO BENEFICIADO

Com o projeto de beneficiamento de RCD temos a aplicação do conceito moderno de sustentabilidade nos processos em que envolvem todo o complexo siderúrgico da CSN-UPV, utilizando resíduos que seriam inicialmente descartados em aterros sanitários, pois os mesmos eram incompatíveis com a reutilização como insumo siderúrgico, dando assim um fim viável economicamente e ambientalmente para os materiais envolvidos.

Desta forma a necessidade de compra de materiais de construção visando à melhora contínua do patrimônio CSN é reduzida exponencialmente.

9. EQUIPE TÉCNICA

Utilizando a ótica da sustentabilidade, a Gerência Geral de Processos siderúrgicos junto com a

Coordenação de Gestão de Resíduos da Gerência da Metalurgia da Redução e a equipe da Gerência Geral de Meio Ambiente, mobilizaram seus colaboradores formados por engenheiros, supervisores, analistas e técnicos para elaborar e executar o projeto.

10. VALOR

Os recursos financeiros aplicados no projeto foram alocados principalmente nas fases de testes de beneficiamento, contratação de unidade piloto e aquisição de unidade industrial, sendo:

- Viagens, pesquisas: R\$ 10.500,00
- Teste de Beneficiamento: R\$ 24.780,00
- Primeira Etapa – Unidade Piloto: R\$ 203.000,00
- Segunda Etapa – Unidade Industrial: R\$ 647.000,00

Após a implantação da unidade industrial foi necessário a contratação de 12 colaboradores, diretos e indiretos, para operação da fábrica com um custo médio mensal da ordem de R\$ 72.000,00, incluindo aluguel de equipamentos móveis.

Os recursos foram oferecidos de iniciativa privada da CSN.

11. PRAZO

O projeto teve início no primeiro trimestre de 2012 envolvendo trabalho de escritório e pesquisas, sendo finalizado no final de 2014. A figura 33 ilustra o cronograma dos trabalhos envolvidos.

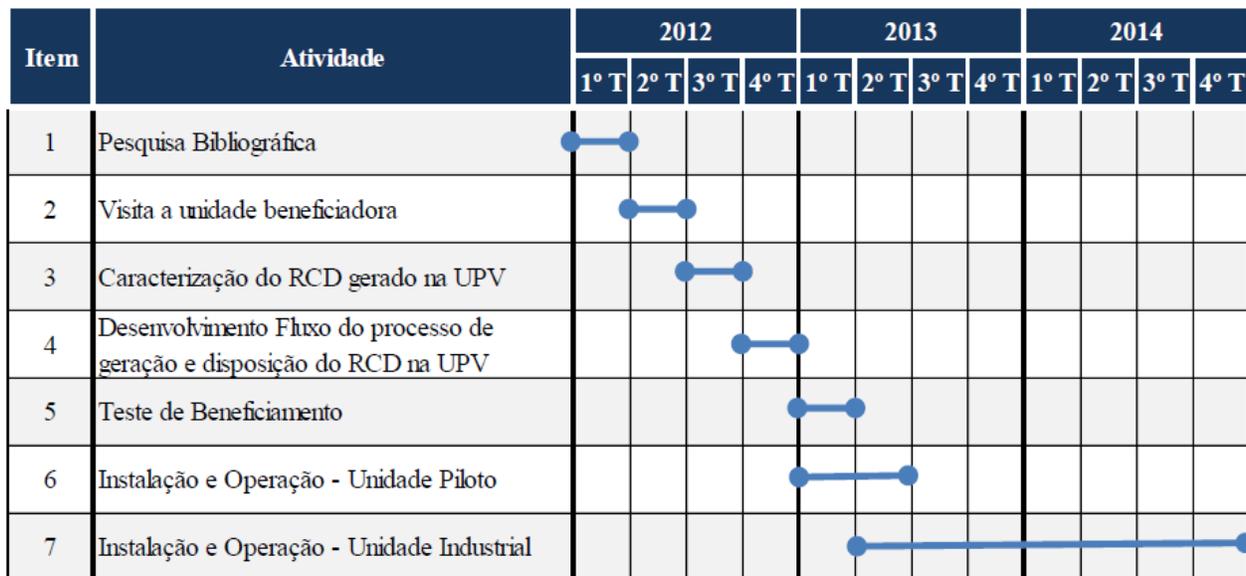


FIGURA 33 – Cronograma das atividades relacionadas.

12. RESULTADOS

Com as atualizações tecnológicas e implantação de novas unidades fabris no interior da UPV, e consequente elevação do volume gerado de RCD, a CSN em cumprimento a sua Responsabilidades Social viu-se na obrigação de desenvolver uma solução ambientalmente adequada à concepção moderna de sustentabilidade. Pois a solução tradicional de disposição de resíduos em aterros licenciados, prática legalmente aceita, constitui além de desperdício de recursos naturais é contrário ao espírito da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

O projeto de beneficiamento de RCD, além de solucionar um grave problema ambiental que consistia na disposição de um volume considerável de resíduos em aterros, atendeu, também, as cinco dimensões da Qualidade Total: Qualidade Intrínseca, Custo, Atendimento, Segurança e Moral.

▪ **Qualidade intrínseca**

A implantação do projeto de beneficiamento de RCD proporcionou a geração de 2 produtos: Britas e Blocos de Pavimentação.

Para a produção de britas, a partir do beneficiamento do RCD, que atendam os requisitos necessários à aplicação na indústria de construção civil, foi necessário a implantação de um sistema de gestão para promover a segregação na geração do resíduo de construção e demolição. Desta forma foram realizadas reuniões sistematizadas através do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da CSN, no qual todas as unidades fabris geradoras de RCD foram orientadas.

Esta ação proporcionou a geração de agregados que permitiram a confecção de artefatos de concreto que estão de acordo com os parâmetros técnicos de qualidade.

Entre os parâmetros de qualidade de blocos intertravados, o mais importantes é a resistência mecânica a compressão. A figura 34 apresenta os resultados obtidos nas etapas iniciais do projeto, indicando a evolução deste parâmetro ao longo do tempo.



FIGURA 34- Evolução da Resistência Mecânica dos Blocos Intertravados.

Para evolução da resistência mecânica a compressão, foi essencial a maturidade do sistema de gestão de segregação associado a outros fatores como: qualificação de mão de obra, melhores práticas operacionais, domínio tecnológico e implantação de sistema de manutenção.

▪ Custo

Os ganhos financeiros obtidos com a implantação do projeto estão associados à redução dos custos de disposição de RCD em aterro industrial, bem como a redução nos custos de aquisição de britas e blocos intertravados.

Com a implantação do projeto em 2013 já foram contabilizados, no biênio 2013/2014, ganhos pela redução no envio 13.200 toneladas de RCD para aterro industrial, além da produção de 36.500 m² de blocos intertravados e a geração de 8.600 toneladas de britas. A distância de transporte entre produção/aplicação da brita natural representa dois terços do seu custo.

A brita reciclada reduz pela metade a distância de transporte entre produção/aplicação, reduzindo em até 30% o custo em relação à aquisição da brita natural. Os gráficos 1 e 2 apresentam os ganhos financeiros anuais com a produção de blocos intertravados e a geração de britas.

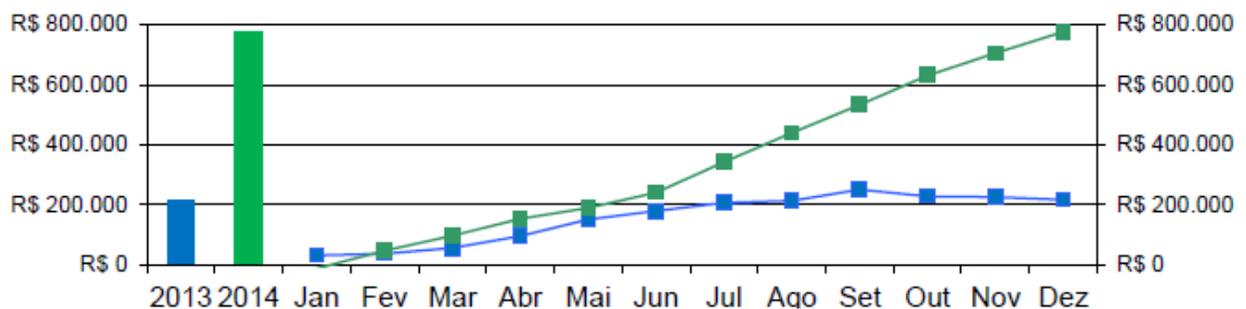


GRÁFICO 1 - Evolução do ganho financeiro com a produção de blocos intertravados

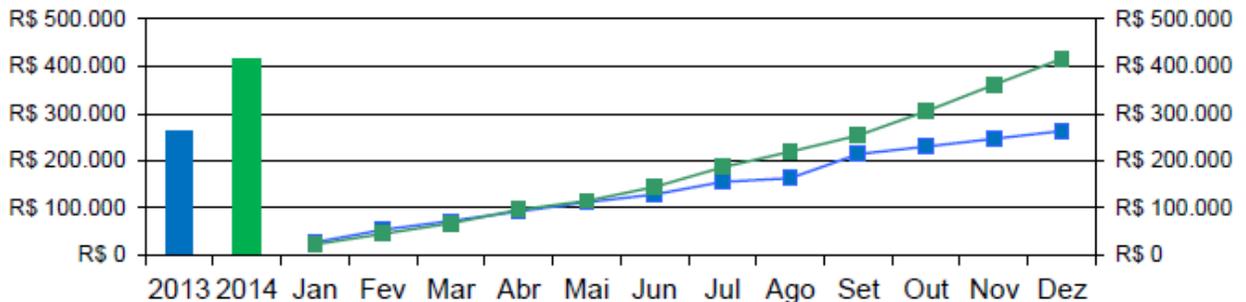


GRAFICO 2 - Evolução do ganho financeiro com a geração de britas

▪ Atendimento

Com a implantação da fábrica de artefatos de concreto, os agregados de menor granulometria (pedrisco e finos) gerados no beneficiamento do concreto cinza são totalmente consumidos na fabricação de blocos intertravados.

Os agregados de maior granulometria (britas 1, 2 e 3) são totalmente utilizados na confecção/manutenção de bases e sub-bases de vias de circulação internas à UPV e na manutenção do leito ferroviário através da brita consumida na soca de linha férrea.

O assentamento da produção de blocos correspondente ao biênio 2013/2014 pavimentou uma área de 36.500 m², ou seja, uma área corresponde a quase quatro campos de futebol. Os gráficos 3 e 4 apresentam a evolução produtivas dos blocos intertravados assim como da geração de britas.

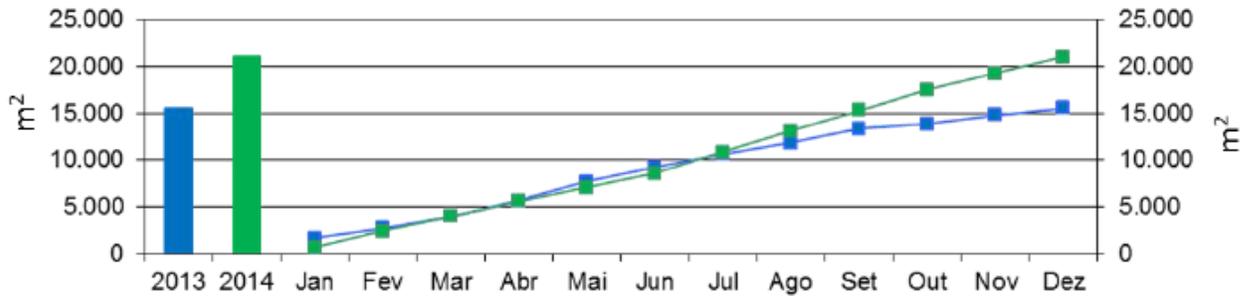


GRÁFICO 3 – Evolução da produção de blocos intertravados

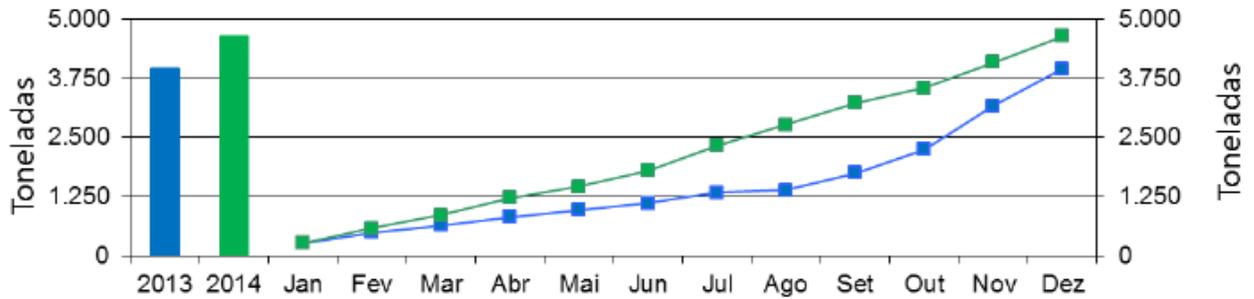


GRÁFICO 4 – Evolução da geração de britas

▪ **Segurança**

Os produtos gerados após o beneficiamento do RCD atendem as especificações técnicas de matérias primas utilizadas na indústria de construção civil, garantindo a segurança dos usuários tanto no aspecto de segurança de trânsito de veículos quanto na garantia de vida útil do pavimento. Expandindo-se o conceito de segurança para a dimensão ambiental, a pavimentação realizada pelos blocos intertravados proporcionou melhorias das condições atmosféricas, pela redução da emissão de material particulado.

Este tipo de pavimentação também proporciona a recarga do lençol freático, visto que o solo não fica impermeabilizado como na aplicação asfáltica e/ou concreto armado.

▪ **Moral.**

A equipe de colaboradores que operacionaliza a unidade de beneficiamento de RCD apresenta moral elevado devido ao reconhecimento pela organização da importância do trabalho desenvolvido, o qual contribui para os resultados sócio/ambientais positivos desenvolvidos pela empresa junto a comunidade onde está inserida.

13. REFERÊNCIAS

Além da pesquisa bibliográfica descrita no item 7.1, foi realizada visitas técnicas em uma unidade beneficiadora da empresa NORTEC, com sede na cidade de São Paulo, especializada no fornecimento de equipamentos de britagem e classificação.

Foi realizada uma visita técnica em um canteiro de obras localizado e no Parque da Cidade em São Paulo no qual se beneficiava o resíduo de demolição de um prédio residencial para adequá-lo à atividade comercial.

A visita técnica comprovou a viabilidade técnica de processamento de RCD na geração de agregados reciclados os quais apresentam características que atendem os requisitos necessários à confecção de artefatos de concreto.

Além das informações absorvidas nas visitas à NORTEC, foi feita um minucioso estudo acadêmico. A seguir segue a revisão bibliográfica utilizada.

• **BIBLIOGRAFIA**

1. Almeida, Salvador Luiz Matos – Análise comparativa de tecnologia de processamento na reciclagem da Fração mineral dos resíduos de construção e demolição – XXI ENTMME, Natal – 2005
2. Almeida, Salvador Luiz Matos – Aperfeiçoamento da reciclagem fração mineral dos resíduos de construção e demolição – uso em concretos – II SUFFIB, São Paulo – 2005.
3. Almeida, Salvador Luiz Matos – RCD: Uma alternativa para uso em construção civil – XIV Jornada de Iniciação Científica - CETEM
4. ASSAD, MARTA M. NOGUEIRA – Sustentabilidade: um estudo sobre a responsabilidade social do gerenciamento de resíduos sólidos industriais no Médio Vale do Paraíba – Tese de mestrado, Taubaté, 2003
5. Brum, Daniel Damasceno – Diagnóstico da Gestão dos resíduos sólidos de construção civil e demolição (RCD) no município de Campinas-SP – Monografia para obtenção de Especialista em Gestão Ambiental, UFSCar - 2006
6. Chaves, Arthur P. – Tecnologia Mineral e suas aplicações na reciclagem de resíduos de construção e demolição – 61º Congresso Anual da ABM, Rio de Janeiro – 2006
7. Echternacht, João Henrique – Recuperação de conteúdo metálico de agregado siderúrgico proveniente de aciaria LD aplicado em carro torpedo – Seminário de Aciario – ABM, 2008
8. Fioriti, César Fabiano – Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus – Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 43-54, out./dez. 2007
9. Guedes dos Santos, Eder Carlos – Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado – Dissertação para obtenção do título de Mestre, UFSCar - 2007
10. Norma ABNT 10.004 - Resíduos Sólidos – Classificação
11. Oliveira, José Ricardo – Reciclagem industrial de resíduos siderúrgicos através do processamento de pelotas auto redutoras. – Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias Primas – ABM, 2007
12. Resolução CONAMA Nº 307, 05 de Julho de 2002
13. Sposto, Rosa Maria – Viabilidade energética-econômica de habitações de interesse social em Brasília com uso de blocos de concreto e entulho – Revista Escola de Minas Vol. 60, No 3 (2007)
14. Vieira, André Tarcizo de Oliveira – Beneficiamento e comercialização dos resíduos refratários gerados na Usina Presidente Vargas (UPV) da CSN – Seminário Internacional de Aciaria - ABM, 2012.

Volta Redonda, 14 de abril de 2016

Aldo José Alves de Santana
Gerente de Meio Ambiente
CSN

