



**ESCOLA POLITÉCNICA**  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

# PHA3556 - Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos

Aula 4: Processamento e Reciclagem de Resíduos de  
Construção e Demolição.

Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

# Definição de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Segundo a Resolução CONAMA nº 307 de 2002 alterada pelas resoluções 348/04, 431/11 e 448/12:**
  - 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, caliça ou metralha;

# Classificação dos RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Segundo a Resolução CONAMA nº 307 de 2002 alterada pelas resoluções 348/04, 431/11 e 448/12:**
  - **I - 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 infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem;
    - **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, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

# Classificação dos RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Segundo a Resolução CONAMA nº 307 de 2002 alterada pelas resoluções 348/04, 431/11 e 448/12:**
  - **II - Classe B** - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
  - **III - Classe C** - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
  - **IV - Classe D**: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

# Legislação

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS) Lei nº 12.305, de 2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 2010;
- Resolução CONAMA nº 307 de 2002 alterada pelas resoluções 348/04, 431/11 e 448/12;
- POLÍTICA ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PERS) Lei Estadual nº 12.300, de 2006, regulamentada pelo Decreto nº 54.645 de 2009.
- Leis Municipais (Ex: São Paulo).
  - LEI Nº 14.803, DE 26 DE JUNHO DE 2008 - DISPÕE SOBRE O PLANO INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E RESÍDUOS VOLUMOSOS E SEUS COMPONENTES, O PROGRAMA MUNICIPAL DE GERENCIAMENTO E PROJETOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, CONFORME PREVISTOS NA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307/2002, DISCIPLINA A AÇÃO DOS GERADORES E TRANSPORTADORES DESTES RESÍDUOS NO ÂMBITO DO SISTEMA DE LIMPEZA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

# Normatizações para RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **ABNT NBR 15112**
  - Fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de **áreas de transbordo e triagem** de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.
- **ABNT NBR 15113**
  - Fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de **aterros** de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes.
- **ABNT NBR 15114**
  - Fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de **áreas de reciclagem** de resíduos sólidos da construção civil classe A.
- **ABNT NBR 15115**
  - Estabelece os critérios para **execução de camadas de reforço** do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado agregado reciclado, em obras de pavimentação.
- **ABNT NBR 15116**
  - Estabelece os requisitos para o **emprego de agregados reciclados** de resíduos sólidos da construção civil.

# Coleta e Transporte de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

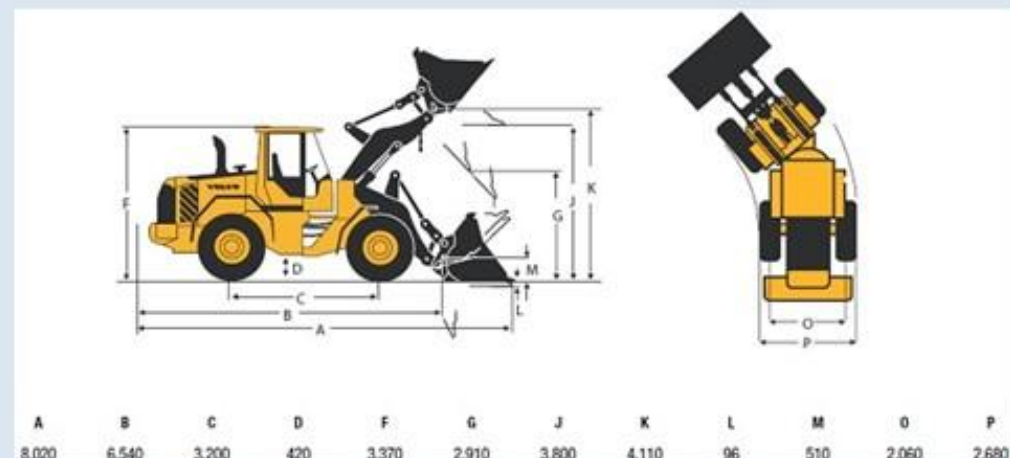
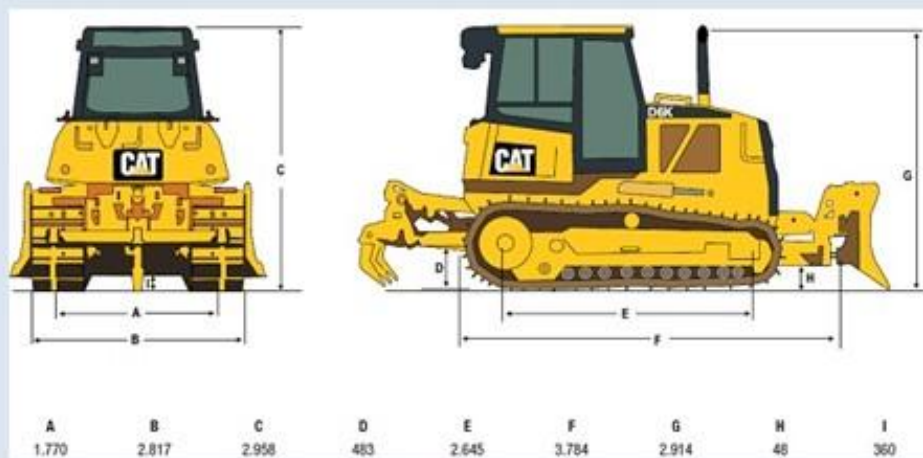
- Coleta:
- É normalmente realizada por empresas particulares, que cobram pelo serviço;
- Em pequenos municípios ou localidades, eventualmente, a própria prefeitura se encarrega da remoção, transporte e destinação dos RCD;
- Veículos para Transporte de RCD:



# Manejo e Carga de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Veículos para Manejo e Carga de RCD:
  - Em usinas de reciclagem de RCD, normalmente utilizam-se máquinas do tipo pás-carregadeiras para carga, espalhamento e amontoamento dos RCD. As máquinas do tipo trator de esteiras são normalmente mais utilizadas em aterros de RCD para operações de espalhamento, amontoamento e compactação dos RCD.





# Pesagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

## Balanças para Pesagem de Veículos:

### DIMENSÕES E CAPACIDADES

Para atendimento à frota rodoviária, dispomos das seguintes dimensões e capacidades de balanças:



10 m - 13 m

Dimensões	Capacidades	Divisão
4 m x 5 m	60.000 kg	10 kg
9 m x 5 m	84.000 kg	10 kg
11 m x 5 m	50.000 kg	10 kg



14 m - 16,15 m

Dimensões	Capacidades	Divisão
18 m x 5 m	60.000 kg	10 kg
19 m x 5 m	80.000 kg	10 kg
18 m x 5 m	100.000 kg	Dual Range
19 m x 5 m		10/20 kg*



19,80 m



19,80 m - 25 m

Dimensões	Capacidades	Divisão
21 m x 5 m	80.000 kg	10 kg
	100.000 kg	Dual Range
24 m x 5 m	100.000 kg	Dual Range
		10/20 kg*
25 m x 5 m	100.000 kg	Dual Range
		10/20 kg*
25 m x 5,20 m	100.000 kg	Dual Range
	120.000 kg	10/20 kg*



27 m - 31 m

Dimensões	Capacidades	Divisão
30 m x 5 m	100.000 kg	Dual Range*
50 m x 5,20 m	120.000 kg	10/20 kg
56 m x 5,20 m	120.000 kg	Dual Range*
	160.000 kg	10/20 kg
42 m x 5,20 m	160.000 kg	Dual Range*
		10/20 kg
50 m x 5,20 m	200.000 kg	Dual Range*
		10/20 kg
60 m x 5,20 m**		20/50 kg

\* Dual Range: divisão de 10 kg para pesagens até 80 t e divisão de 20 kg para pesagens acima de 80 t.

\*\* Duas balanças de 30 m x 5,20 m em série.

Fonte: <http://www.toledobrasil.com.br>

Modelos	Embutida		Semi-embutida		Sobrepiso	
	Largura		Largura		Largura	
Comprimento	3 m		3 m		3 m	
	3,2 m		3,2 m		3,2 m	
	9 m	40 t x 5 kg	40 t x 5 kg	40 t x 5 kg	40 t x 5 kg	
	18 m	60 t x 10 kg	60 t x 10 kg	60 t x 10 kg	60 t x 10 kg	
	18 m	80 t x 10 kg	80 t x 10 kg	80 t x 10 kg	80 t x 10 kg	
	21 m		80 t x 10 kg	80 t x 10 kg		80 t x 10 kg
	21 m		100 t x 20 kg	100 t x 20 kg		100 t x 20 kg
	25 m		100 t x 20 kg	100 t x 20 kg		100 t x 20 kg
	25 m		120 t x 20 kg	120 t x 20 kg		120 t x 20 kg
	30 m		100 t x 20 kg	100 t x 20 kg		100 t x 20 kg
	30 m		120 t x 20 kg	120 t x 20 kg		120 t x 20 kg
	30 m		160 t x 20 kg	160 t x 20 kg		160 t x 20 kg

Projetos disponíveis
  Projetos sob consulta

Fonte: <http://www.filizola.com.br>

- As balanças devem ser compatíveis com as dimensões e cargas dos veículos transportadores.
- Quando o veículo é muito extenso a pesagem pode ser realizada por eixos.

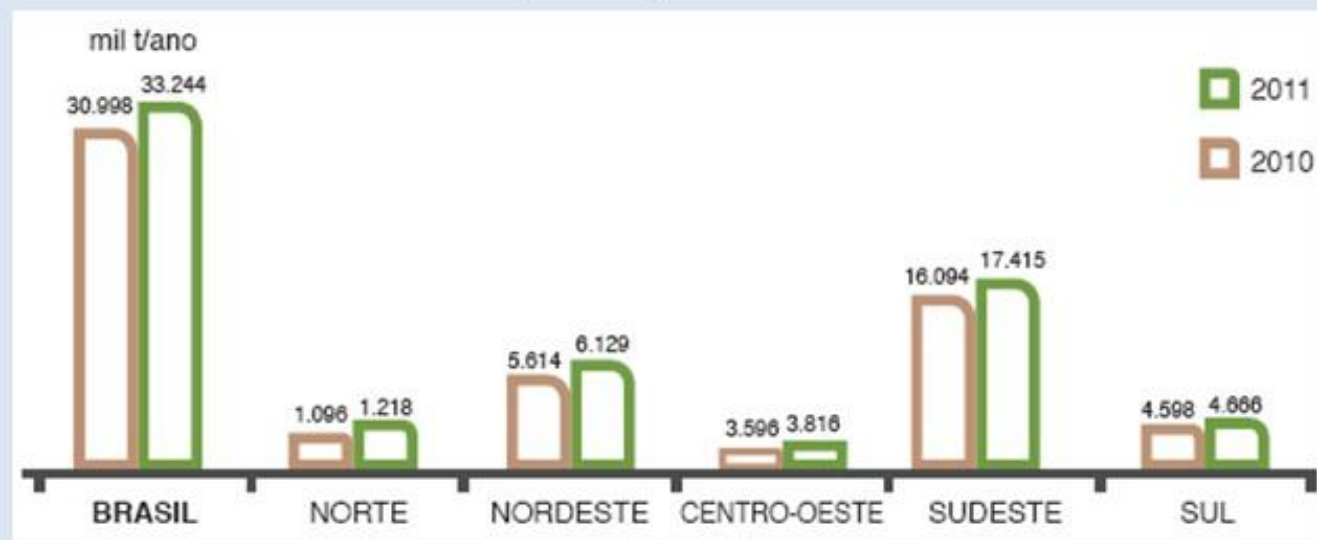
# Geração de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Geração Total:**

- A geração de RCD muda muito de local para local e está intimamente ligada à situação social e econômica do local, município, estado ou país;
- Em geral, os municípios não possuem dados precisos sobre a geração de RCD em seus limites e mesmo quando possuem, estes dados devem ser observados com muita cautela.

Total dos RCD coletados por região e no Brasil em 2010 e 2011.



# Geração de RCD

- Geração Total:**

Estimativa de geração de RCD em alguns países.

País	Quantidade Anual		
	Milhões t/ano	Kg/hab.ano	Fonte
Suécia	1,2 – 6	136 – 680	TOLSTOY, BÖRKLUND & CARLSON (1998); EU (1999)
Holanda	12,8 – 20,2	820 – 1300	LAURITZEN(1998); BROSSINK; BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)
EUA	136 – 171	463 – 584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1994)
UK	50 – 70	880 – 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359	
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 – 2010	LAURITZEN (1998), EU (1999)
Itália	35 – 40	600 – 690	
Alemanha	79 – 300	963 – 3658	
Japão	99	785	Kasai (1998)
Portugal	3,2 – 4,4	325 - 447	EU (1999); Ruivo e Veiga <sup>7</sup> (apud Marques Neto (2009), p. 67)
Brasil	-	230 – 760	Pinto(1999); Carneiro et al.(2001); Pinto e Gonzalez (2005)

# Geração de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Geração Per-capita:**
  - Ao contrário dos RSU, é muito mais difícil se estimar a geração per-capita de RCD, pois nem todo município controla e gerencia adequadamente estes resíduos através da pesagem, ou possui alguma estimativa de volumes gerados através do número de caçambas ou veículos transportados.
  - Por conta disto, nem sempre o projetista possui informações confiáveis para o projeto, tendo que recorrer a amostragens e estimativas realizadas em campo através da pesagem e contagem de veículos e caçambas por algum período de tempo.
  - Em municípios de médio a grande porte, podem existir associações de caçambeiros, que poderão possuir e fornecer informações complementares.

# Geração de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Geração Per-capita:**

- Geração per-capita em algumas cidades do Brasil.

Municípios	População (mil)	Massa Gerada (t/dia)	Volume Gerado (m <sup>3</sup> /dia)	Geração per capita (L/hab.dia)	Fonte
Catanduva – SP <sup>1</sup>	112	150	125	1,11	MARQUES NETO (2009)
Fernandópolis – SP <sup>1</sup>	65	82	68	1,05	
Ituitaba – MG <sup>2</sup>	89	67	61	0,68	TAVARES (2007)
Lavras – MG <sup>1</sup>	87	56	47	0,57	TROCA (2006)
Macedônia – SP <sup>1</sup>	4	6	5	1,25	MARQUES NETO (2009)
Mirassol – SP <sup>1</sup>	53	77	64	1,21	
Olímpia – SP <sup>1</sup>	50	76	63	1,26	
Paulo de Faria – SP <sup>1</sup>	9	17	14	1,56	
Presidente Prudente – SP <sup>3</sup>	202	342	263	1,30	PINTO (2008)
Santa Maria – RS <sup>1</sup>	242	127	106	0,43	PIOVESAN JUNIOR (2007)
Santos – SP <sup>1</sup>	418	434	362	0,86	CASTRO (2003)
São Carlos – SP <sup>4</sup>	197	381	635	3,22	MARQUES NETO (2003)
São José do Rio Preto – SP <sup>1</sup>	413	1267	1056	2,56	MARQUES NETO (2009)

<sup>1</sup> Massa Unitária adotada no estudo 1,20 t/m<sup>3</sup>; <sup>2</sup> Massa Unitária adotada no estudo 1,10 t/m<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Massa Unitária adotada no estudo 1,30 t/m<sup>3</sup>; <sup>4</sup> Massa Unitária adotada no estudo 0,60 t/m<sup>3</sup>

Fonte: Córdoba (2010)

# Composição dos RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Os RCD são compostos por uma fração mineral (classe A) passível de reciclagem em usinas de RCD e uma fração não mineral (classes B, C e D) composta por recicláveis e rejeitos;
- A fração mineral é composta por **materiais vermelhos** (cerâmicas, argamassas, solos, etc.) e por **materiais cinzas** (elementos de cimento e concreto).
- Em usinas de reciclagem de RCD os materiais passíveis de reciclagem para construção são os materiais de origem mineral, tais como cerâmicas, argamassas, pedras em geral, elementos de cimento e concretos que podem ser britados para reuso na construção civil.
- Os solos, embora também sejam reutilizáveis, não necessitam passar por britadores.
- Um grande problema é a presença de outros tipos de resíduos nas caçambas de RCD (RSU, poda, pneus, móveis, lâmpadas, etc.)

# Composição dos RCD

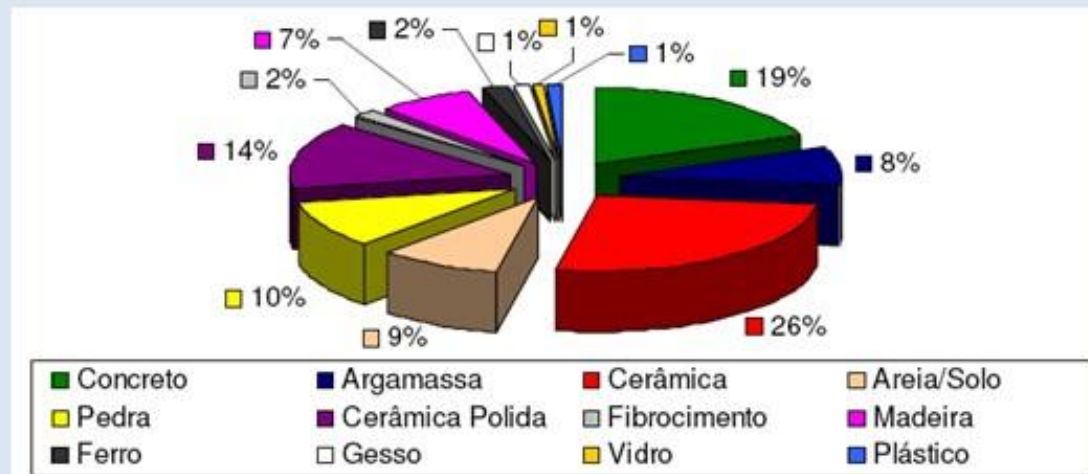
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera



# Composição dos RCD

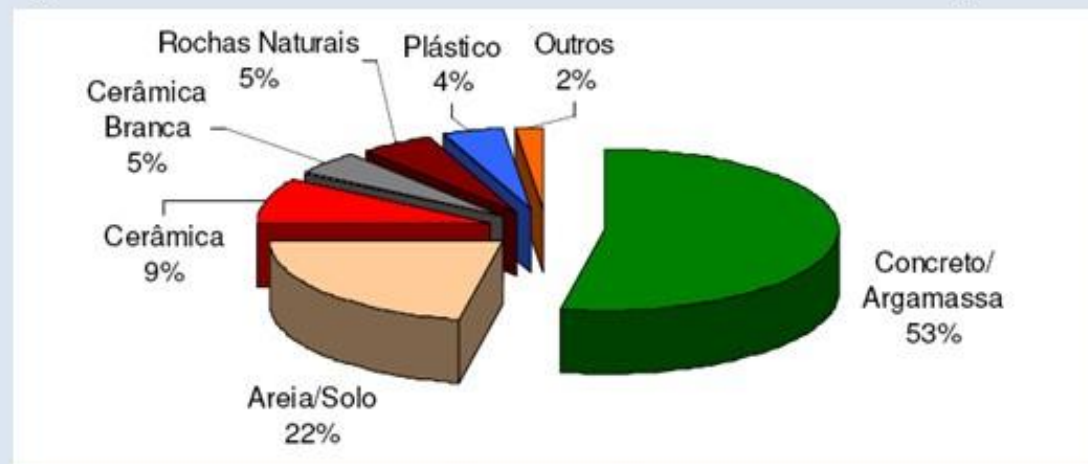
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Composição dos RCD de São Carlos-SP (% em massa):**



Fonte: Marques (2003)

- **Composição dos RCD de Salvador-BA (% em massa):**



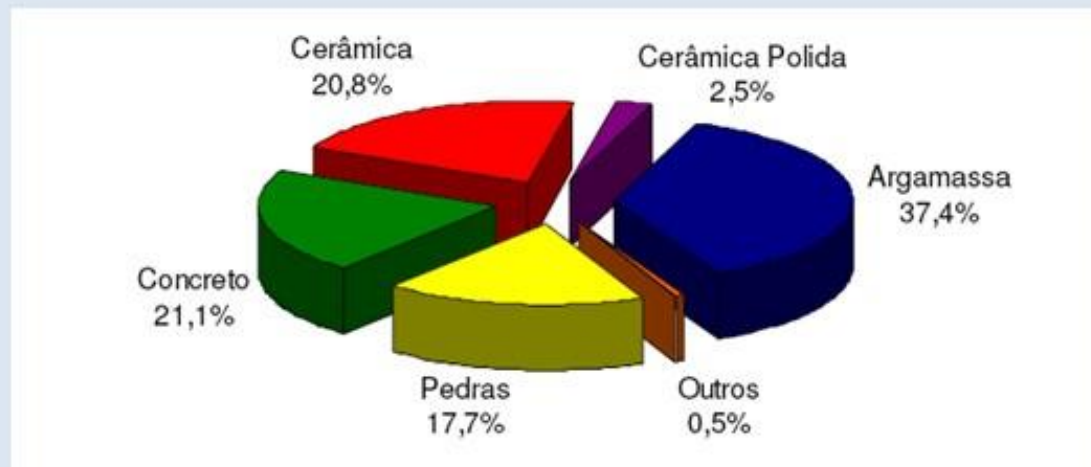
Fonte: Limpurb (1999) apud Córdoba (2010)



# Composição dos RCD

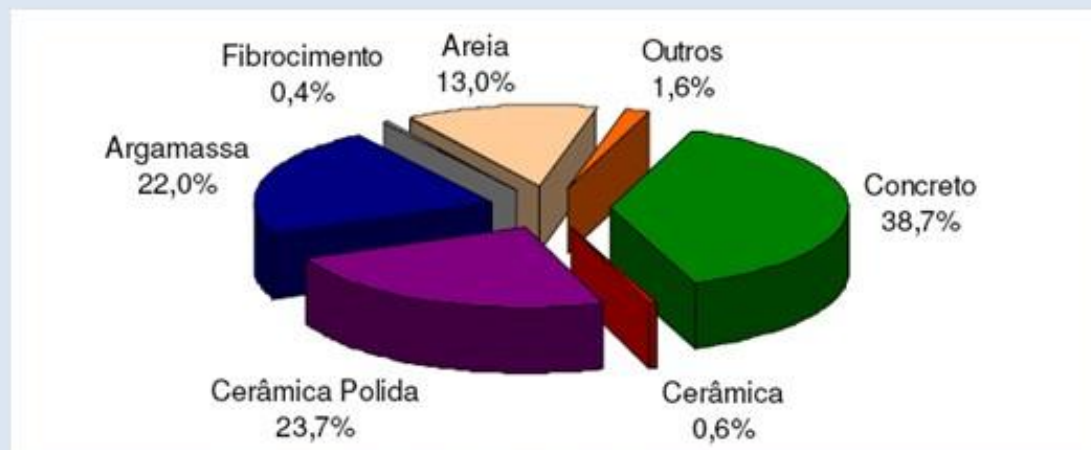
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Composição dos RCD de Ribeirão Preto-SP (% em massa):**



Fonte: Zordan (1997) apud Córdoba (2010)

- **Composição dos RCD de Uberlândia-MG (% em massa):**



Fonte: Limpurb (1999) apud Córdoba (2010)

# Destinação dos RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Destinações no Brasil:
  - É ainda muito pequena a quantidade de RCD reciclada no Brasil.
  - Em municípios de pequeno porte é muito comum o uso desse resíduo para melhora das condições de estradas rurais ou para se evitar e conter erosões. Nesses municípios é comum as prefeituras se encarregarem da remoção e destinação deste resíduos.
  - Em municípios de médio a grande porte é muito comum o descarte irregular destes resíduos.
  - Uma solução adotada por alguns municípios foi a destinação em aterros de inertes, mas esta opção tem se mostrado pouco eficiente, devido ao controle rigoroso necessário no recebimento, **que normalmente não ocorre**, gerando-se assim grandes passivos ambientais (áreas contaminadas por resíduos de natureza diversa em conjunto com RCD).

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Viabilidade:
  - A viabilidade dependerá da existência de demanda pelos produtos obtidos (agregados e artefatos), quer seja para comercialização ou para uso da própria administração pública;
- Vantagens:
  - Minimizam a extração de recursos naturais virgens, que são atividades altamente impactantes no meio ambiente;
  - Minimizam o impacto da disposição desses resíduos no meio ambiente;
  - Agrega valor e utilidade ao que antes era um problema ambiental;
  - Geração de empregos e renda;
  - Os produtos e artefatos de cimento resultantes da reciclagem de RCD tem aplicações semelhantes às dos produtos convencionais;

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Áreas de Transbordo e Triagem (ATT):
  - De acordo com a NBR-15112 são áreas destinadas ao recebimento de resíduos de construção, demolição e volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (ABNT, 2004).
  - Nestas áreas, normalmente, não ocorre nenhuma etapa de processamento dos resíduos.
  - Devem ser dotas de:
    - Portão e cercamento no perímetro da área de operação, construídos de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas e animais;
    - Anteparo para proteção quanto aos aspectos relativos à vizinhança, ventos dominantes e estética, como, por exemplo, cerca viva arbustiva ou arbórea no perímetro da instalação.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

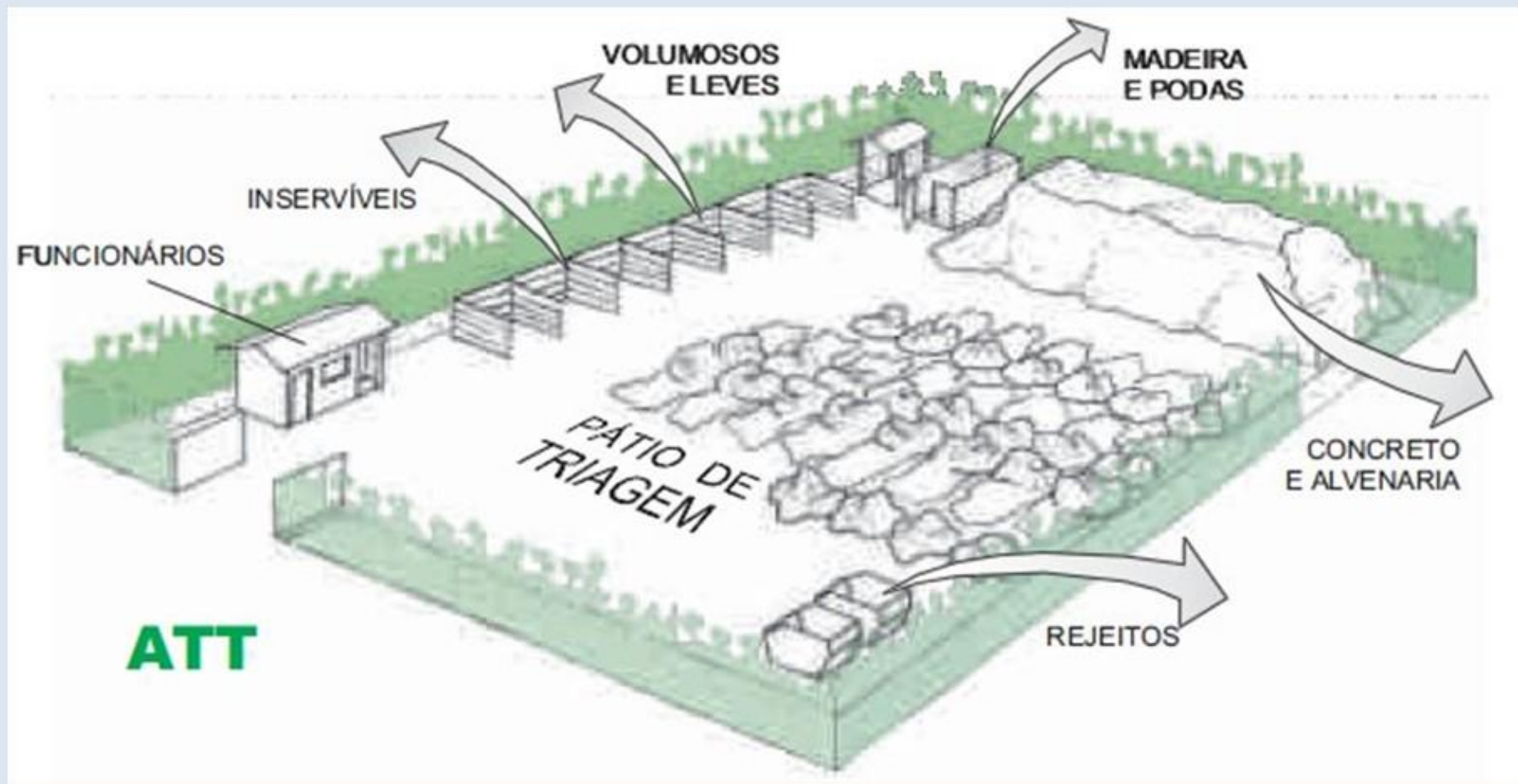
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Áreas de Transbordo e Triagem (ATT):
  - Devem ter, na entrada, identificação visível quanto às atividades desenvolvidas e quanto à aprovação do empreendimento.
  - Devem dispor de equipamentos de proteção individual, de proteção contra descargas atmosféricas e de combate a incêndio, além de iluminação e energia, de modo a permitir ações de emergência.
  - Deve ser implantado sistema de proteção ambiental que contemple:
    - Sistema de controle de poeira, ativo tanto nas descargas como no manejo e nas zonas de acumulação de resíduos;
    - Dispositivos de contenção de ruído em veículos e equipamentos;
    - Sistema de drenagem superficial com dispositivos para evitar o carreamento de materiais; e
    - Revestimento primário do piso das áreas de acesso, operação e estocagem, executado e mantido de maneira a permitir a utilização sob quaisquer condições climáticas.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Áreas de Transbordo e Triagem (ATT):



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Usinas de Processamento e Reciclagem:

- **Tipos de Usinas:**

- 1) Usinas Móveis;

- 2) Semimóveis;

- 3) Usinas Fixas;

- Com produção de artefatos de cimento;
      - Sem produção de artefatos de cimento;

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 1) Usinas Móveis:
  - São usinas de reciclagem que podem ser transferidas de um local para outro, pois são compostas por equipamentos móveis ou sobre rodas;
  - Podem ser deslocadas para reciclagem de resíduos acumulados em um local específico tal como um aterro de inertes, um bota-fora, uma obra de grande porte, ou mesmo uma edificação a ser demolida, ou em ruínas;
  - As instalações são simplificadas em relação às usinas fixas que requerem maior isolamento, obras civis e instalações de apoio.



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 1) Usinas Móveis:
  - São indicadas para empreendimentos que requerem mobilidade e não dispõem de grandes áreas para instalação, pois são mais flexíveis e não necessitam de obras civis. Seus equipamentos são menores, podem ser realocados facilmente e necessitam de pouco tempo de instalação e desinstalação.
  - Há redução de custo devido à eliminação dos custos de infraestrutura permanentes, mas principalmente por reduzir a necessidade de frete e transporte entre o local de demolição e a usina de reciclagem.
  - A questão do transporte entre fonte geradora e local de reciclagem é fundamental para a viabilidade financeira da usina.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 1) Usinas Móveis:



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 1) Usinas Móveis:
  - Unidades móveis compactas podem promover a reciclagem no próprio canteiro de obras ou durante uma demolição.



Fonte:  
[http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/index.php?option=com\\_contenido&task=viewMateria&id=459](http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/index.php?option=com_contenido&task=viewMateria&id=459)



Fonte:  
<http://cradesmboimirim.blogspot.com.br/2010/08/nova-lei-de-residuos-solidos-ja-esta-em.html>

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 2) Usinas Semimóveis:
  - Normalmente utilizadas para a construção de barragens hidrelétricas e estradas.
  - São montadas sobre bases de estrutura metálica, e tem montagem e desmontagem mais facilitadas.



Fonte: <http://zlequipamentos.com.br/produtos/produtos.php?categ=11>

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 3) Usinas Fixas:
  - São aquelas cuja implantação é definitiva, não permitindo mudanças ágeis.
  - Produzem agregados com melhor qualidade e variedade além da possibilidade de se ter equipamentos maiores, permitindo portanto, uma maior produção.
  - Necessitam de investimentos e áreas maiores para a implantação.
  - São as mais comuns, sendo implantadas normalmente por prefeituras ou autarquias municipais.
  - São instaladas em áreas selecionadas atendendo a critérios técnicos econômicos e ambientais e visam o atendimento de uma determinada área de influência (distância máxima de transporte).

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 3) Usinas Fixas:
  - Necessitam de uma área de triagem, áreas de estoque de resíduos não processados e de agregados, infraestrutura de apoio e também de cercamento para isolamento da área e contenção de poeira.
  - Dependendo do porte da cidade, a instalação de mais de uma usina em pontos estrategicamente selecionados pode ajudar a reduzir as distâncias de transporte e também reduzir os descartes clandestinos de RCD.
  - Podem estar associadas ou não a uma instalação adicional (galpão equipado) para produção de artefatos de cimento.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 3) Usinas Fixas:
  - Usina de reciclagem de RCD de São Bernardo de Campo-SP.

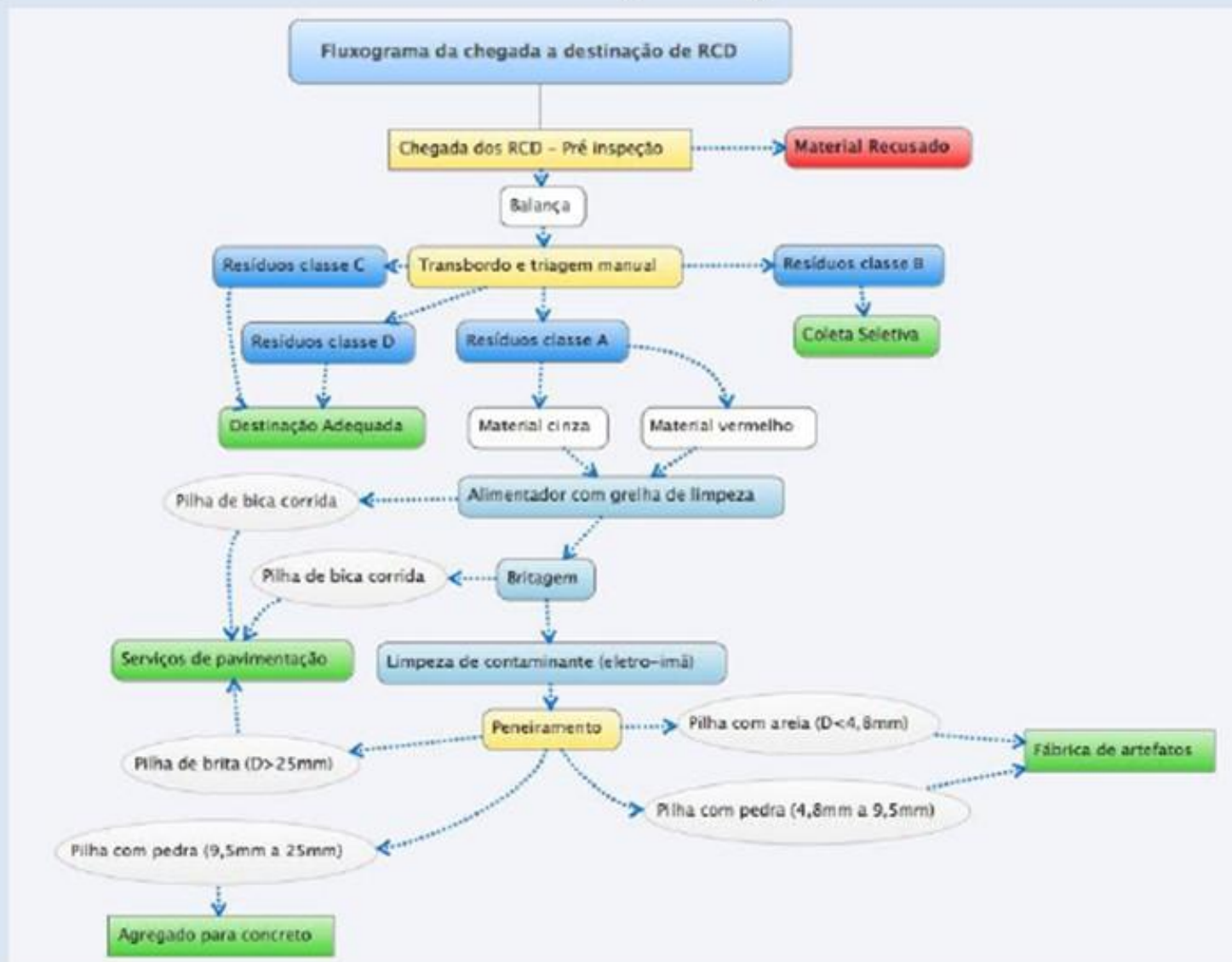


Fonte: [http://www.maqbrit.com.br/foto\\_usina\\_reciclagem\\_entulho11.html](http://www.maqbrit.com.br/foto_usina_reciclagem_entulho11.html)

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Diagrama de Processos e Operações:





# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Agregados de RCD:**
  - Recebimento e Triagem:
    - Na chegada → **inspeção visual prévia** → podendo o resíduo ser recusado, caso seja verificada a existência de quantidades significativas de outros resíduos que não sejam RCD (móveis e eletrodomésticos, pneus, galhos, lâmpadas fluorescentes, sacos com resíduos putrescíveis, etc.).
    - O transportador deve apresentar uma guia (CTR - Controle de Transporte de Resíduos) que apresenta informações sobre o gerador, o transportador, a natureza do resíduo, características e quantidade.
    - Sempre que resíduos forem rejeitados → fazer cópias das CTRs e arquivar, constando o motivo da rejeição, visando com isso inclusive coibir disposições irregulares.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Agregados de RCD:**
  - Recebimento e Triagem:
    - Se aceito, o veículo transportador é direcionado ao pátio de triagem para descarregamento.
    - Caso verificado outro tipo de resíduo no fundo da caçamba que não esteja em conformidade com o recebido pela usina → voltar para caçamba e devolver para o transportador.
    - Se em conformidade → triagem → separação das frações não minerais → baias com identificações e separações.
    - Resíduos de cimento e peças de concreto → encaminhar para área de estocagem de **material “cinza”** utilizando-se uma pá-carregadeira.
    - Os demais, contendo **predominantemente** materiais cerâmicos → encaminhar para área de estocagem de **material “vermelho”**.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Agregados de RCD:**
  - Processamento:
    - Após a etapa de triagem, a pá carregadeira transporta o material selecionado ao alimentador vibratório, que possui a função de separar os materiais finos e ainda encaminhar os resíduos de maiores dimensões ao britador.



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Agregados de RCD:**
  - Processamento:
    - A separação prévia dos materiais finos → evita o desgaste excessivo do britador (grãos de pequeno diâmetro podem entrar no equipamento e prejudicar seu funcionamento ao longo do tempo).
    - O produto britado é direcionado ora para a pilha de bica corrida, no caso de resíduos vermelhos, ora para a peneira vibratória, no caso de resíduos cinza.
    - Esta alternância de direcionamentos é feita através do transportador de correia móvel.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Agregados de RCD:**

- Processamento:

- Os resíduos, ao serem transportados pelo transportador de correia, passam por um separador magnético, que possui a função de evitar que os materiais metálicos remanescentes prossigam no processo de reciclagem, prejudicando o funcionamento dos equipamentos e a qualidade dos produtos gerados.



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Agregados de RCD:**
  - Processamento:
    - Os agregados vermelhos britados são transportados para a pilha de bica corrida, onde são armazenados para futura venda e utilização em serviços.



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Agregados de RCD:**
  - Processamento:
    - Os agregados cinza são destinados à peneira vibratória para que sejam separados em produtos de diferentes granulometria, dando origem à quatro tipos de agregados: areia, pedrisco, brita e rachão.



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Separação e Estoque de Material não Processável:**
  - Materiais não minerais, previamente separados dos RCD devem ser estocados em baias ou caçambas separadas por tipo de resíduo.
  - Materiais contendo gesso devem ser separados e armazenados em local sem contato com o solo e protegidos da chuva.
  - Materiais que possam eventualmente acumular água de chuva (Ex: pneus, latas, etc.) também devem ficar em local coberto.
  - Metais, plásticos, vidros, papéis, papelão devem ser encaminhados para coleta seletiva (reciclagem).
  - Resíduos de madeira (aparas, fôrmas, palets, galhos, etc.) podem ser estocados para comercialização ou processamento.
  - Rejeitos devem ser encaminhados para destinação final adequada, quando não puderem ser tratados ou reaproveitados.
  - Materiais que contém amianto não devem ser processados (Resíduos perigosos).



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Separação e Estoque de Material não Processável:**
  - Resíduos de recuperação de pavimentos asfálticos:
    - Caso o material seja recebido já desagregado, originado de atividade de escarificação de pavimento a ser recuperado, este material deve ser estocado de forma separada dos demais agregados produzidos na usina, devido à presença de betume em sua composição.
    - Caso seja recebido em forma de placas, este deve ser processado de forma separada tanto dos materiais vermelhos, quanto dos materiais cinzas.



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Artefatos de Cimento:**
  - Instalações:
    - A fábrica de artefatos de cimento deve ser instalada dentro de um galpão (estrutura metálica ou concreto armado), coberto e preferencialmente fechado nas laterais.
    - O galpão deve ser bem ventilado e se possível provido de iluminação natural.
    - Um pé-direito alto permite um maior conforto térmico e a possibilidade de acesso de máquinas e caminhões sem restrições para carga e descarga de materiais.
    - Dentro do galpão ficarão estocados o cimento a ser utilizado, os agregados reciclados, os utensílios e equipamentos para produção de artefatos, e os artefatos produzidos (durante a etapa de cura).

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Produção de Artefatos de Cimento:**
  - Equipamentos:
    - Os equipamentos mínimos necessários para uma fábrica de artefatos são: balança, misturador de concreto, um transportador de correia, prensa para fabricação de artefatos e um quadro de comando, além de carrinhas, carrinhos para transporte do material produzido e fôrmas.



# Parâmetros Importantes

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Massa Específicas:
  - RCD antes da triagem e processamento:  
1.000 a 1.300 kg/m<sup>3</sup>
  - Agregados de RCD:  
≈ 1.600 kg/m<sup>3</sup>
- Alturas de Pilhas de Resíduos para Estocagem:  
1,5 a 2,5 m de altura
- Alturas de Pilhas de Agregados de RCD:  
3,0 a 5,0 m de altura.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Considerações Sobre o Local da Estação:**
  - Área total requerida;
  - Layout;
  - Acessos e impacto no trânsito;
  - Localização;
  - Zoneamento urbano e ambiental;
  - Aceitação pública;
  - Custo do terreno.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Área Requerida:**
  - Área total necessária para operação em fim de plano;
  - Pode-se prever área adicional em caso de expansões futuras.
  - No interior do galpão da fábrica de artefatos:
    - Área para chegada, circulação e saída de veículos de carga e descarga de materiais, estocagem de cimento e agregados, instalação de máquinas e equipamentos necessários para produção, secagem dos artefatos produzidos (cura), estocagem dos artefatos (opcional), circulação de pessoas e equipamentos, etc..

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Área Requerida:**
  - Externa:
    - Além da fábrica de artefatos (opcional), necessita-se área suficiente para vias externas de circulação e calçadas, para estacionamentos de veículos de funcionários, visitantes, para instalações auxiliares (portaria, balança, escritório, refeitório, vestiário, almoxarifado, etc.), para lavagem de veículos / máquinas, para triagem de materiais, para estocagem de materiais triados, para baias de rejeitos, para instalação e operação dos equipamentos de britagem, para estoque dos agregados produzidos, para infiltração ou tratamento preliminar de águas pluviais , paisagismo e cercamento (cerca viva e cortina vegetal), etc..

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Layout:**
  - A balança deve ser instalada em local com recuo suficiente para não provocar filas no acesso que poderiam atrapalhar o trânsito local;
  - O arranjo interno deve facilitar a circulação de veículos para descarga de RCD sem interferirem nas áreas de produção e processamento de materiais.
  - A área toda deve ser provida de cercamento com barreira vegetal densa para contenção de poeira.
  - Dispositivos para contenção de poeira também devem ser instalados nos equipamentos de processamento do material e próximos a vias de circulação de veículos.

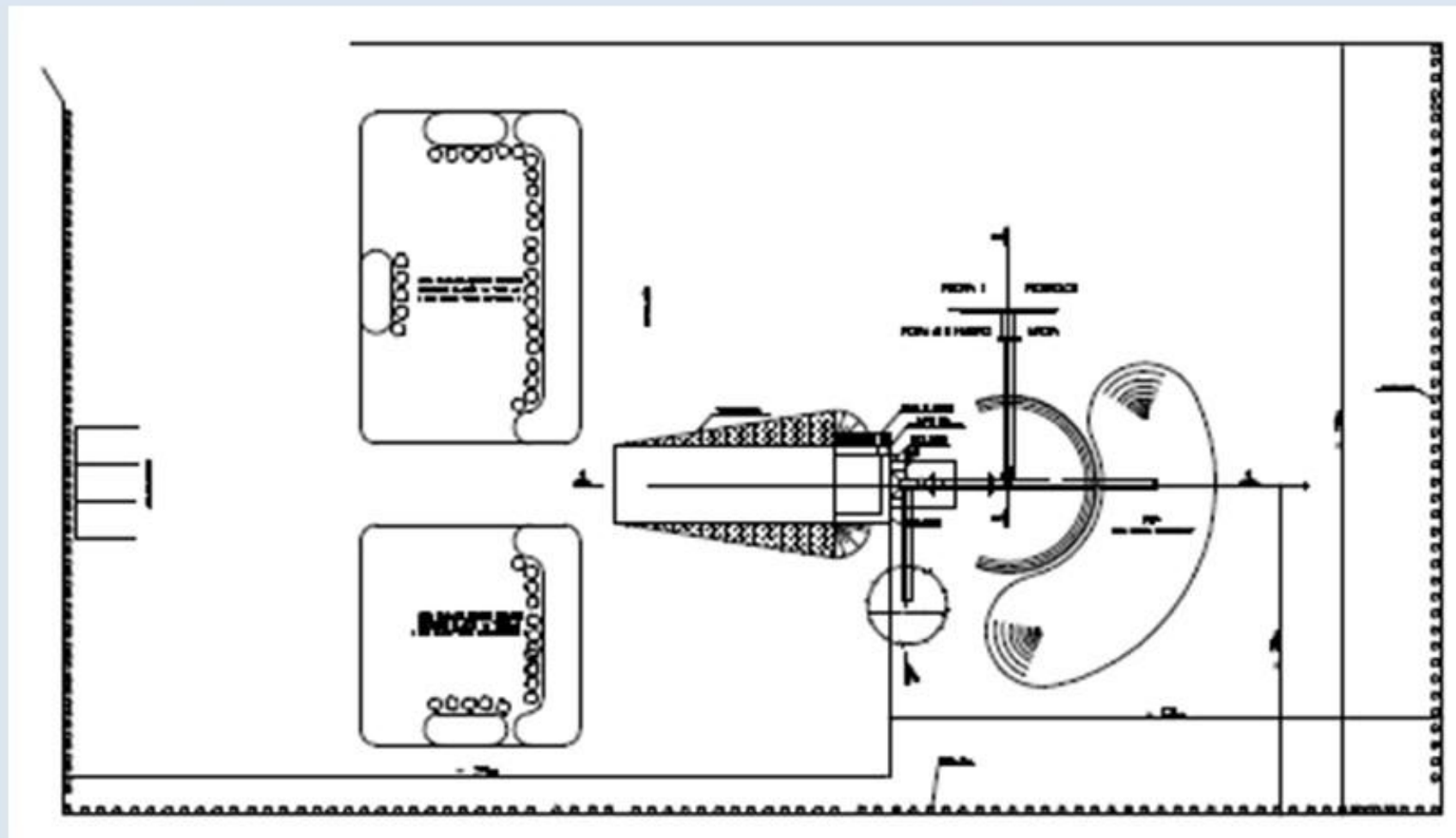


# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Layout:**

- Exemplo de *layout* de uma área de triagem e processamento:

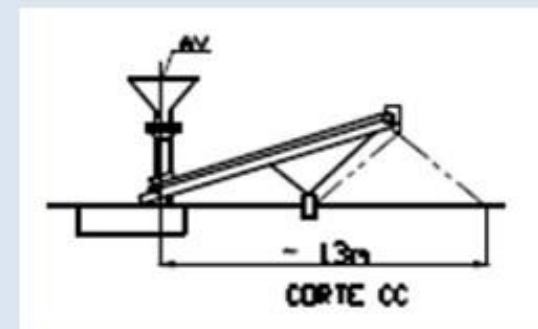
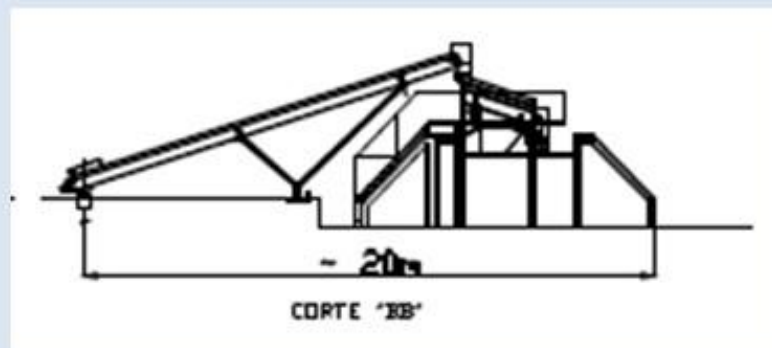
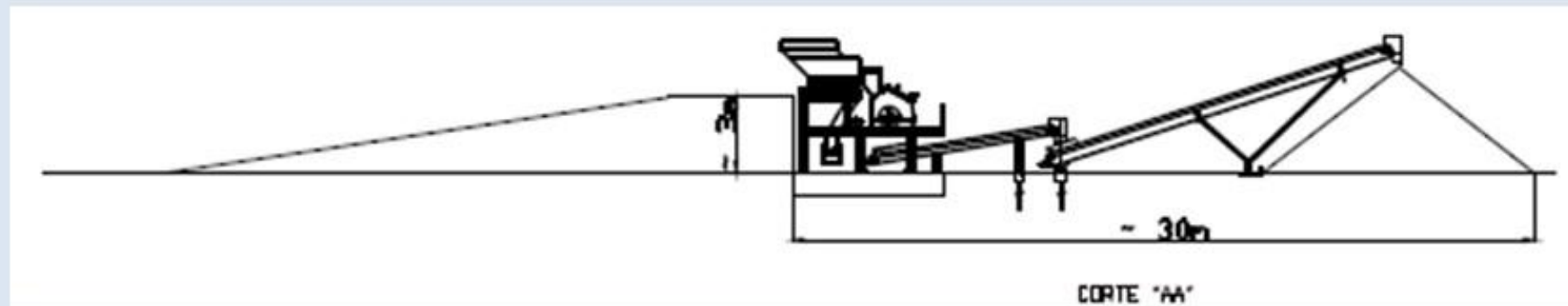


# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Layout:**

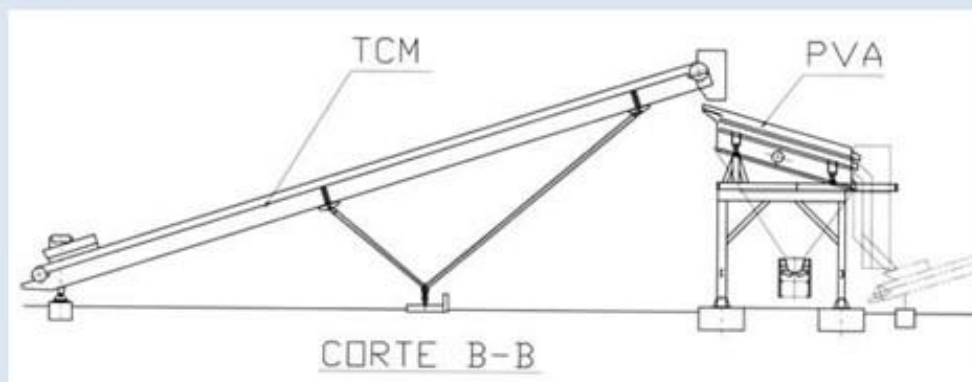
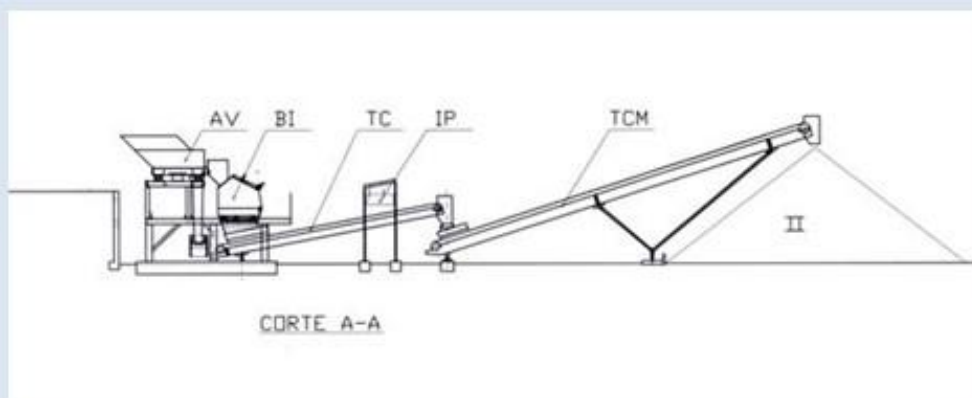
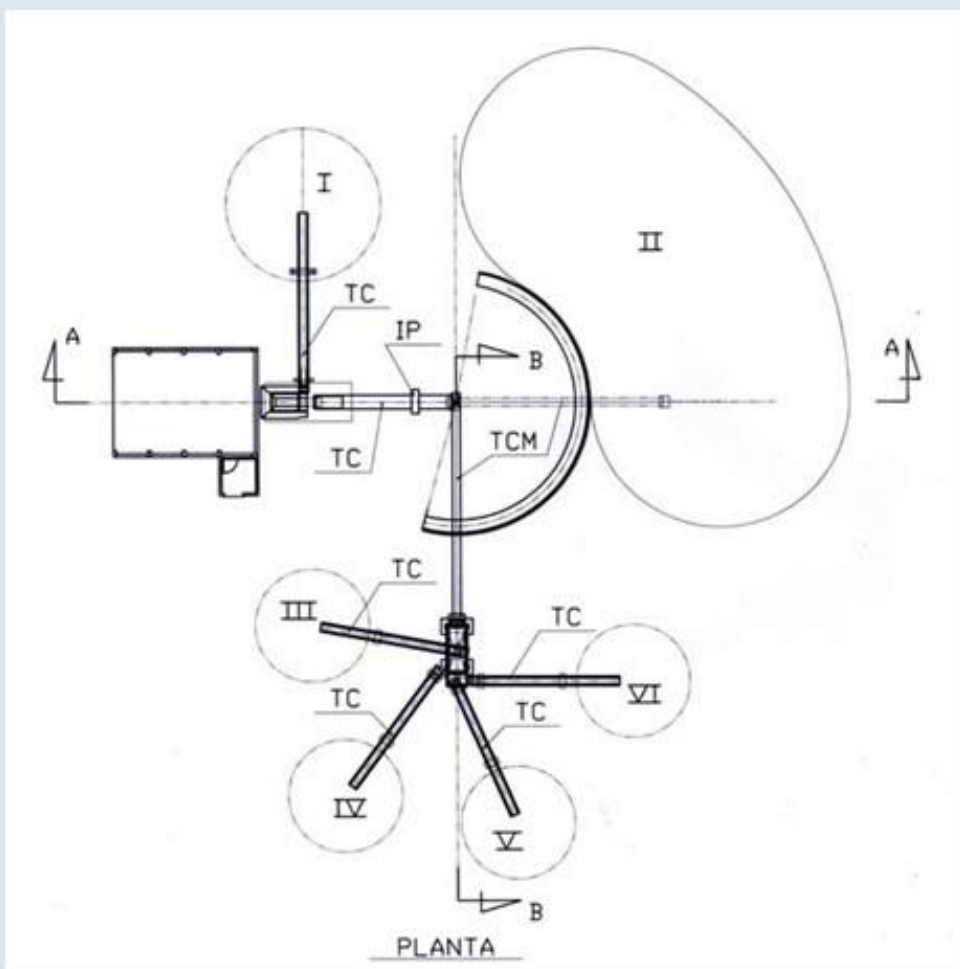
- Exemplo de *layout* de uma área de triagem e processamento:
  - Cortes:



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Layout:



### Legenda

Principais Equipamentos	Produtos	
	Denominação*	Origem
AV - Alimentador Vibratório	I - Bica corrida reciclada	AV
BI - Britador de Impacto	II - Bica corrida reciclada	BI
PVA - Peneira Vibratória	III - Areia média reciclada	PV
IP - Imã Permanente	IV - Pedrisco reciclado	PV
TCM - Transportador de Correia Móvel	V - Brita reciclada	PV
TC - Transportador de Correia Fixo	VI - Rachão reciclado	PV

\* Conforme tabela PINI da revista "Construção"



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Acessos e impactos no trânsito:**
  - É conveniente que as usinas de reciclagem de RCD estejam próximas a vias principais de tráfego;
  - O acesso deve ser fácil;
  - Melhorias nas vias locais, novos acessos e sinalização podem ajudar a reduzir o impacto no trânsito local.
- **Localização:**
  - A localização é fundamental para que não ocorram disposições clandestinas de RCD.
  - Devido ao barulho e a possibilidade de geração de poeira recomenda-se a instalação longe de áreas residenciais.
  - Normalmente são instaladas em distritos industriais, ao lado de um aterro sanitário ou até em área rural.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Zoneamento urbano e ambiental:**
  - Planos diretores e legislação local devem ser consultados;
  - Normalmente o zoneamento urbano permite que a instalação seja realizada em áreas rurais ou industrial;
- **Custo do Terreno:**
  - Terrenos baratos ou públicos são preferíveis se não apresentarem restrições técnicas, ambientais ou objeção do público;

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Aceitação pública:**
- Normalmente a população aceita muito bem a instalação de usinas de reciclagem de RCD;
- Quando critérios técnicos, ambientais e de zoneamento são bem atendidos a população costuma aceitar mais facilmente a instalação no local selecionado;
- Estações com paisagismo, recuos adequados, em galpões fechados e em áreas públicas são normalmente aceitas com maior facilidade pela população local;
- Envolvimento do público na escolha da área facilita a aceitação, principalmente quando os representantes do público se convencem de que a área é razoável.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Instalações Necessárias:**

- Externas:

- Cercamento (cerca, alambrado ou muro com cortina vegetal);
- Portaria/Guarita com sanitário, cancela, portão e controle de acesso;
- Balança;
- Bloco administrativo (escritórios, refeitório, sanitários, vestiários);
- Sistemas de abastecimento de água para edificações e pátios de lavagem de máquinas e equipamentos;
- Sistemas de esgotamento sanitário;
- Instalações elétricas, telefônicas, internet, etc.;
- Proteção contra descargas atmosféricas;
- Instalações de combate a incêndio;
- Iluminação de estacionamentos, pátios e vias;
- Vias de acesso e circulação de veículos com sinalização;
- Estacionamentos público e administrativo;
- Drenagem e tratamento preliminar de águas da chuva;
- Área para lavagem e manutenção de veículos e máquinas;
- Sistema de contenção de poeira por aspersão de água, etc..



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

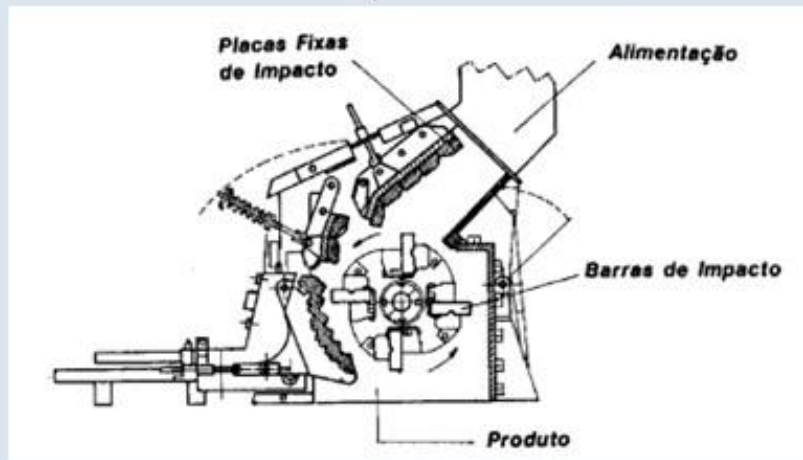
- **Dimensionamento:**
  - O dimensionamento de área e equipamentos depende:
    - Da quantidade diária de resíduos recebida (verificar qual o dia e mês crítico em uma situação de final de plano);
    - Da quantidade de material de origem mineral (classe A) na composição dos resíduos recebidos.
    - Do tempo máximo de acúmulo/estocagem de resíduos não processados (para absorver variações diárias de geração e para manutenções);
    - Da venda e estoque dos materiais produzidos;
  - Com as quantidades estimadas **de resíduos classe A**, seleciona-se os equipamentos para processamento, de acordo com as opções fornecidas pelos fabricantes.

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

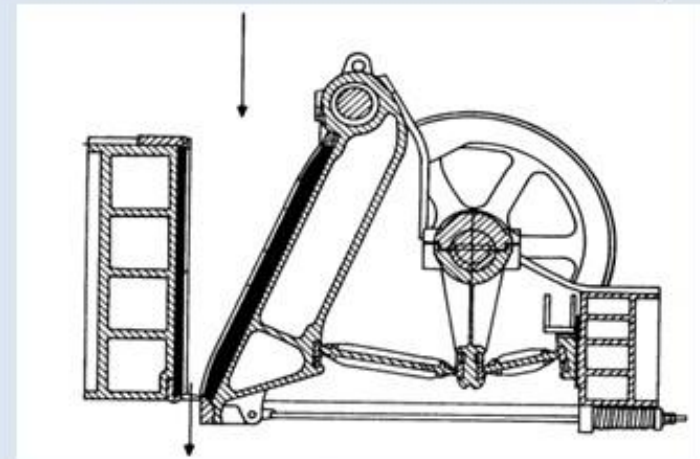
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Principais Tipos de Britadores:

- Britador de impacto ou martelos;



- Britador de mandíbula;



# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Dimensionamento:**

- Cada fabricante tem diferentes opções de capacidade de britadores.
- Ex:
  - Maqbrit

DADOS TÉCNICOS					
MODELO	CAPACIDADE (th)	POTÊNCIA DOS MOTORES (CV)	ÁREA (m <sup>2</sup> )		MÃO-DE-OBRA
			EQUIPAMENTO	USINA	
URE07T	7	25	200	3000	4
URE10T	10	33	650	4500	4
URE25T	25	52	1200	7000	6
URE40T	40	86,5	1500	10000	7
URE80T	80	173	2500	15000	11

Obs.: Dados sujeitos a alterações sem prévio aviso / Outros modelos poderão ser fabricados sob consulta

- Mapre

BRITADOR		REBRITADOR	
MODELO	PRODUÇÃO m <sup>3</sup> -h	MODELO	PRODUÇÃO M <sup>3</sup> -H
5030	De 12 até 33	8013	De 09 até 20
6240	De 17 até 45	8020	De 13 até 22
8050	De 55 até 115	9026	De 17 até 45
10060	De 75 até 200	12040	De 55 até 140

# Usinas de Processamento e Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Roteiro de Dimensionamento:**
  - Definir local e área de influencia do projeto;
  - Definir alcance do projeto (20, 25, 30 anos, etc.);
  - Determinar população de fim de plano;
  - Determinar ao longo do tempo as quantidades geradas de resíduos;
  - Identificar o mês crítico em uma situação de fim de plano.
  - Verificar qual a porcentagem do total geral de resíduos gerados que pode ser tratada ou processada;
  - Definir turnos de trabalho e dias úteis trabalhados;
  - Calcular a quantidade de resíduos a ser processada por hora de dia útil trabalhado;
  - Selecionar os equipamentos mais adequados, de acordo com as opções disponíveis no mercado;

# Usinas de Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Usina da PROHAB de São Carlos-SP:**
  - Inaugurada em 08/12/2006;
  - Pertence à PROHAB, que é uma autarquia municipal voltada à construção de casas populares;
  - Capacidade de 20 t/h – 8h/dia, totalizando 160 t/dia;
  - Mão de obra: Prisional
  - Possui uma fábrica de artefatos de cimento.



Fonte: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/usina-de-reciclagem.html>

# Usinas de Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Usina da PROHAB de São Carlos-SP:**

- **Produtos:**



- **Bica corrida**

- Granulometria variável, utilizado para sub-base de pavimentações, recuperação de vias rurais e serviços de tapa-buracos.



- **Areia Grossa**

- Granulometria: até 2,4 mm. Ótima opção para pequenos serviços, argamassa de assentamento e outros.



- **Pedrisco**

- Granulometria até 9,5 mm, recomendado para uso na fabricação de artefatos de cimento, bloco de vedação, piso intertravado, entre outros.

# Usinas de Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Usina da PROHAB de São Carlos-SP:**

- **Produtos:**



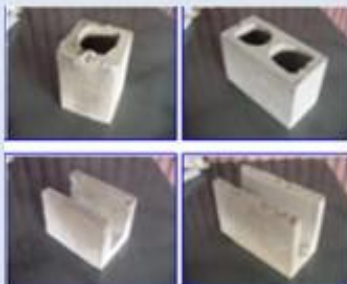
- **Pedra nº 1**

- Granulometria até 19 mm, usada em diversas aplicações. Ex.: fabricação de concreto não estrutural e drenagens.



- **Pedregulho (rachão)**

- Granulometria acima de 25 mm, usado em diversas aplicações. Ex.: contenção de erosões e voçorocas, drenagens, etc.



- **Artefatos de Cimento**

- Blocos, canaletas, paralelepípedos, pisos intertravados, guias de sarjeta, bancos, mesas, vasos, etc .

# Usinas de Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Usina de São José do Rio Preto-SP (80 t/h):**





# Aplicação dos Agregados de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Aplicação de Agregados em Bases de Estradas e Vias:**



Fonte: Maqbrit (2008)

# Equipamentos para Usinas de Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Fabricantes de Equipamentos:**
  - Os equipamentos utilizados para processamento e reciclagem de RCD são os mesmos utilizados em atividades de mineração.
  - Alguns fabricantes de equipamentos:
    - CDE do Brasil: <http://www.cdedobrasil.com/>
    - Maqbrit Com. e Ind. De Maquinas: <http://www.maqbrit.com.br/>
    - Simplex Equipamentos: <http://www.simplex.ind.br>
    - Mapre Equipamentos Rodoviários: <http://mapreequipamentos.com.br/>
    - Máquina Solo Equipamentos: <http://maquinasolo.com.br/index.html>
    - Terex (Equipamentos compactos): <http://www.terex.com.br/>

# Vídeos de Usinas de Reciclagem de RCD

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Vídeos e Animações:**

- <http://www.powerscreen.com/en/video-library/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=Bruj3AI4MQQ>
- <http://www.youtube.com/watch?v=H2ib4oJwdys>
- <http://www.youtube.com/watch?v=NpfdOgDmSEQ>
- [http://www.youtube.com/watch?v=1U\\_Q9ggKA9E](http://www.youtube.com/watch?v=1U_Q9ggKA9E)
- <http://www.youtube.com/watch?v=dr9t0f4VfHA>
- <http://www.youtube.com/watch?v=GHb9f8IFslo>
- <http://www.youtube.com/watch?v=R1jDjk35d1w>
- <http://www.youtube.com/watch?v=dClfNDOOn2yA>

# Bibliografia e Leitura Recomendada

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

## Leitura Mínima:

- Lund, H. F. (2001), McGraw-Hill Recycling Handbook. McGraw-Hill , 2nd Edition. **Chapter 20.**
- ABNT – NBR 15.112, (2004) Resíduos da construção civil e resíduos volumosos. Áreas de Transbordo e Triagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- ABNT – NBR 15.114, (2004) Resíduos sólidos da construção civil. Áreas de Reciclagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação.

## Material Adicional:

- **Sinduscon - SP:** <http://www.sindusconsp.com.br/msg2.asp?id=3243>