

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DAS
INDÚSTRIAS METAL-MECÂNICAS EM PROCESSOS
SIDERÚRGICOS**

BIANCA PECCIN MARTINS

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. LILIANA AMARAL FERIS

NOVEMBRO 2010

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DAS
INDÚSTRIAS METAL-MECÂNICAS EM PROCESSOS
SIDERÚRGICOS**

BIANCA PECCIN MARTINS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
APRESENTADO COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE BACHAREL EM ENGENHARIA
QUÍMICA

NOVEMBRO 2010

Agradecimentos

Quero agradecer a minha querida madrinha pelos grandes ensinamentos e carinho e por permitir que eu estivesse sempre ao seu lado em seu último mês de vida.

A minha mãe, pelo amor e orientação nos meus momentos de maior ansiedade.

Pela calma, serenidade e apoio para me fazer seguir em frente, agradeço ao meu namorado.

Ao Grupo Renova, pelo estímulo e por permitir que eu fizesse parte da equipe.

Ao Gilson, Liliane e Guilherme, pelo fornecimento de informações e de materiais para a realização desse trabalho.

A minha orientadora, por me guiar diante das dificuldades.

RESUMO

Indústrias de diferentes setores produtivos geram mensalmente grandes volumes de diferentes tipos de resíduos sólidos, contendo os mais diversos graus de periculosidade. Desta forma, implementar tecnologias que minimizem o volume de resíduos produzidos na indústria torna-se fundamental. O presente estudo trata da operação de beneficiamento na empresa Renova, objetivando tratar resíduos da indústria metalúrgica e mecânica para aproveitamento em siderúrgicas, na fabricação do aço. Esse processo de beneficiamento ocorre pela destruição térmica dos contaminantes nos materiais recebidos. Assim, é necessário conhecer em detalhes as características do resíduo a ser tratado para escolher um método de tratamento ou disposição final.

LISTA DE ABREVIATURAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

FATMA – Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

RSI – resíduos sólidos industriais

RS – resíduos sólidos

RS – Rio Grande do Sul

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1.1 – Recebimento (a) e armazenamento temporário em boxes (b) dos resíduos para beneficiamento.	23
Figura 4.1.2 - Forno rotativo (a), pós-queimador (b) e filtro de manga (c).	24
Figura 4.1.3 – Etapas do processamento do minério de ferro para fabricação do aço.	24
Figura 4.1.4 – Pó metálico (a), briquetagem (b), peneira (c) e briquetes na área de cura(d).	25
Figura 4.1.5 - Etapas de beneficiamento de resíduos sólidos das indústrias metal-mecânicas.	26
Figura 4.5.1 – Dimensões dos briquetes produzidos pela Renova.	32
Figura 4.5.2 – Briquete produzido pela Renova.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.3.1 - Número de empresas inventariadas por setor industrial	6
Tabela 2.3.2 - Quantidade de rejeito gerado por setor produtivo e percentual da geração de resíduos sólidos industriais perigosos	7
Tabela 2.3.3 - Os 30 maiores municípios geradores de resíduos sólidos industriais perigosos	9
Tabela 2.3.4 - Os 30 maiores municípios geradores de resíduos sólidos industriais não perigosos.	10
Tabela 2.3.5 - Montante de resíduos sólidos perigosos enviados para fora do RS.	11
Tabela 2.3.6 - Montante de resíduos sólidos perigosos enviados para aterros industriais.	12
Tabela 4.4.1 – Laudos de Caracterização dos Resíduos Encaminhados para Verificação da Empresa (2010/jan-set)	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS DO ESTUDO	2
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1. DEFINIÇÃO E CONCEITOS BÁSICOS SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS	4
2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE ACORDO COM A SUA ORIGEM.....	5
2.3. LEVANTAMENTO DE DADOS SOBRE A GERAÇÃO DE RSI DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL QUANTO AO SETOR PRODUTIVO.....	6
2.4. LEGISLAÇÃO	12
2.4.1. <i>Leis Federais</i>	12
2.4.2. <i>Resoluções do CONAMA</i>	12
2.4.3. <i>Legislação Estadual</i>	14
2.5. NORMAS TÉCNICAS.....	14
2.6. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	15
2.6.1. <i>Tratamento de resíduos sólidos industriais</i>	16
3. METODOLOGIA.....	19
4. ESTUDO DE CASO	20
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
4.2. RESÍDUOS COM POTENCIAL PARA ENCAMINHAMENTO À EMPRESA	25
4.3. TIPOS DE RESÍDUOS ESTUDADOS	25
4.4. RESULTADO DOS DADOS COLETADOS.....	27
4.5. TIPOS DE BRIQUETES PRODUZIDOS PELA RENOVA	30
5. CONCLUSÕES.....	32
6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33

1. INTRODUÇÃO

Indústrias de diferentes setores produtivos geram mensalmente grandes volumes de diferentes tipos de resíduos sólidos, contendo os mais diversos graus de periculosidade. Desta forma, implementar tecnologias que minimizem o volume de resíduos produzido na indústria torna-se fundamental. Ainda, a utilização de técnicas que possibilitem a reutilização ou extração de elementos contaminantes a fim de diminuir o grau de periculosidade do resíduo para diminuir seu impacto ambiental constitui em alternativa potencial para a transformação destes em matéria-prima para outros processos. Tais procedimentos fazem parte do conceito de gestão de resíduos, otimizando processos produtivos, minimizando custos e contribuindo para a prática do desenvolvimento sustentável.

A crescente preocupação da sociedade no que se refere ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e industriais e a legislação cada vez mais restritiva motiva uma mudança de comportamento das ações do setor produtivo em relação à utilização racional dos recursos naturais.

Empresas com políticas internas e procedimentos organizados e padronizados determinam metas a serem atingidas, buscando aperfeiçoar suas práticas e obter resultados efetivos em acordo com seu planejamento. Para algumas, a questão ambiental é considerada como consequência de exigências internacionais a partir da criação das normas ISO14000. Entretanto, há uma faixa significativa de empresas que encontram na redução dos impactos ambientais, produção mais limpa e destinação adequada dos resíduos gerados um diferencial competitivo. Planos de redução da geração de resíduos associados a uma política ambiental adequada tornam-se fundamentais à realidade das empresas.

A lei 12.305 (2010) institui o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e defende com vistas ao futuro a redução do uso de disposição final em aterros, seja industrial ou doméstico, estimulando metas para redução, reutilização, reciclagem e tratamento. Essa legislação é de extrema importância para o aprimoramento da qualidade de vida atual e futura, pois a procura crescente por novos espaços físicos para disposição

tornar-se-á cada vez mais dificultada devido ao crescimento populacional, expansão das grandes cidades e exigências cada vez maiores de controle ambiental do aterro. Além disso, prevê medidas para incentivar e viabilizar a gestão regionalizada dos resíduos sólidos, o que obriga aos municípios atenderem à demanda da sua própria população, tanto no contexto doméstico quanto no industrial, instituindo uma consciência de gerenciamento próprio da produção, cultivo e tratamento dos produtos criados em seu território. Isso significa a aceitação inclusive dos órgãos ambientais pertinentes à instalação de empresas capacitadas para o tratamento de resíduos próximo aos locais demandados.

No ano de 2010, empresas licenciadas para realizar o co-processamento na região sul do país estão localizadas no Estado do Paraná somente, devido às grandes exigências dos órgãos ambientais de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, FATMA e FEPAM, que dificultam a instalação desse tipo de serviço, bem como a incineração de resíduos. Isso futuramente precisará ser reavaliado, uma vez que as exigências de regionalização do PNRS tornar-se-ão impositivas.

Neste contexto, empresas preocupadas em buscar alternativas para o destino dos resíduos em contraposição à convencional disposição em aterros, projetaram um processo de reciclagem voltado ao aproveitamento de materiais para uso siderúrgico, como matéria-prima para a formação do aço. Entre estas, encontra-se a Renova Resíduos, empresa instalada em Arujá, no Estado de São Paulo, estruturada para receber materiais visando o aproveitamento siderúrgico e atendendo às exigências ambientais. O presente trabalho consiste em estudo de caso realizado na empresa citada, objetivando caracterizar esta nova atividade.

1.1. Objetivos do estudo

O presente trabalho objetiva identificar e avaliar, através de um estudo de caso em empresa de abrangência nacional, alternativas técnicas para o tratamento de resíduos sólidos industriais visando o reaproveitamento destes em contraposição à disposição final em aterros.

Para este estudo, os objetivos específicos consistem em:

- Identificação dos tipos de resíduos avaliados pela empresa no período entre janeiro/2010 e setembro/2010 com potencial para reaproveitamento em siderúrgicas.
- Avaliação da composição dos resíduos visando determinar a possibilidade de tratamento pelos processos da empresa.
- Estudo das etapas do processo de volatilização da umidade e beneficiamento dos componentes de liga para fabricação do aço.
- Avaliação das vantagens da aplicação do processo em relação às técnicas convencionalmente aplicadas.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A partir da década de 90, através do Rio 92 e da conscientização ambiental resultante dessa conferência, considerada um marco na história da humanidade, o Brasil buscou a criação e a adoção de diversas leis e normas significativas para caracterizar os resíduos e os impactos provocados por esses, bem como estabelecer exigências de controle ambiental. Neste contexto, este capítulo trata da definição e conceitos básicos sobre resíduos sólidos e processos ligados a estes, da identificação dos diversos tipos de resíduos quanto a sua origem, da apresentação de dados de levantamento do Estado do Rio Grande do Sul sobre a geração de Resíduos Sólidos Industriais (RSI) nos setores produtivos existentes, além da legislação ambiental, das Normas Técnicas pertinentes e da Gestão de Resíduos Sólidos.

2.1. Definição e Conceitos Básicos sobre Resíduos Sólidos Industriais

É preciso conhecer alguns conceitos importantes para compreensão do estudo de caso que será tratado no capítulo 4. Segundo Bidone (2001), são eles:

- Resíduo: material gerado depois de esgotadas as condições tecnológicas e economicamente viáveis sem alternativa senão a destinação ambientalmente adequada.
- Resíduos sólidos: resíduos no estado físico sólido ou semi-sólido, gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornam inviáveis o lançamento em redes públicas de esgoto ou em corpos de água ou ainda que não esteja disponível tecnologia melhor diante das soluções técnica e econômica adotadas.
- Resíduo perigoso: apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental em razão de suas características de inflamabilidade, reatividade, corrosividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade.

Torna-se importante também, conceituar ações fundamentais na destinação de resíduos:

- Destinação final ambientalmente adequada: recebimento, armazenamento, transporte e tratamento do resíduo visando à minimização dos impactos ambientais e manutenção da saúde pública.
- Tratamento de resíduos: são os processos de reutilização, reciclagem, beneficiamento, incineração, co-processamento, disposição final em aterros, compostagem, recuperação e aproveitamento energético.
- Disposição final: armazenamento temporário em aterros industriais.
- Desenvolvimento sustentável: uso racional dos recursos naturais (matérias-primas) para que as gerações futuras possam usufruir as mesmas. Considera as dimensões política, econômica, social, ambiental e cultural na operação de uma empresa, buscando a harmonia entre todos esses parâmetros.
- Reciclagem: transformação do resíduo sólido em insumo ou novos produtos, com alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas.
- Reaproveitamento: aproveitamento do resíduo sem a transformação físico-química ou biológica.

2.2. Classificação dos Resíduos Sólidos de Acordo com a sua Origem

A primeira etapa para investigar tratamentos ambientalmente adequados para diferentes tipos de resíduos refere-se à definição de cada um desses em função da sua fonte geradora. Somente a partir disso é possível estipular o melhor método de tratamento. De acordo com BIDONE (2001), os conceitos pertinentes para a compreensão desse trabalho são:

- Resíduo industrial: produto descartado por estar fora de especificação ou sem aproveitamento interno na empresa.
- Resíduo doméstico: rejeito de domicílios após uso ou degradação, de responsabilidade municipal pelo seu recolhimento.
- Resíduos de serviços de saúde: materiais usados na área da saúde, incluindo qualquer serviço com geração de possíveis contaminantes patogênicos.

- Resíduos de construção civil: resíduos gerados em obras, construções, reparos, demolições e escavações de terrenos para a construção civil.

2.3. Levantamento de dados sobre a Geração de RSI do Estado do Rio Grande do Sul quanto ao Setor Produtivo

A FEPAM realizou o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa Rio Grande do Sul em 2002, com a intenção de levantar dados sobre os tipos de empresas situadas no Estado do Rio Grande do Sul e a geração de resíduos envolvida. Esse inventário foi criado a partir de informações fornecidas pelo setor industrial operante e licenciado.

Na tabela 2.3.1, identificam-se os diversos setores produtivos no Estado em ordem decrescente quanto ao número de empresas inventariadas.

Tabela 2.3.1 - Número de empresas inventariadas por setor industrial.

SETOR INDUSTRIAL	EMPRESA INVENTARIADAS	PERCENTUAL DE EMPRESAS INVENTARIADAS
METALÚRGICO	537	31,46
COURO	443	25,95
MECÂNICO	416	24,37
QUÍMICO	230	13,47
TRANSPORTE	30	1,76
MINERAIS NÃO METÁLICOS	23	1,35
TÊXTIL	17	1
PAPEL E CELULOSE	7	0,41
LAVANDERIA INDUSTRIAL	4	0,23
TOTAL	1707	100

Fonte: Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa RS – 2002, 59 p.

Verifica-se que 55,8% das empresas estão concentradas no setor metalúrgico e mecânico, respectivamente o primeiro e terceiro maior setor produtivo, constatando-se a consequente necessidade de controle a respeito dos seus resíduos sólidos gerados.

Assim, é importante levantar dados de quantidade de resíduo gerado por setor, conforme a tabela 2.3.2, a qual indica a geração anual mássica, proporcionando condições de identificar as indústrias com maior potencial de impacto ambiental.

Tabela 2.3.2 - Quantidade de rejeito gerado por setor produtivo e percentual da geração de resíduos sólidos industriais perigosos.

SETOR INDUSTRIAL	EMPRESA INVENTARIADAS	QUANTIDADE DE RESÍDUO GERADO (t/ano)	PERCENTUAL DE RESÍDUO PERIGOSO GERADO	QUANTIDADE DE RESÍDUO PERIGOSO GERADO (t/ano)
QUÍMICO	230	283.585,89	6,25	17.724,12
METALÚRGICO	537	277.914,17	7	19.453,99
COURO	443	243.881,86	49,27	120.160,59
PAPEL E CELULOSE	7	187.240,41	0,92	1.722,61
MECÂNICO	416	108.342,79	16,05	17.389,02
TRANSPORTE	30	23.721,31	19,17	4.547,38
TÊXTIL	17	2.951,28	28,88	852,33
MINERAIS NÃO METÁLICOS	23	983,81	4,94	48,60
LAVANDERIA INDUSTRIAL	4	448,44	57,84	259,38
TOTAL	1707	1.129.068,94	100	-

Fonte: Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa RS – 2002, 59 p.

Observa-se que a indústria metalúrgica, ocupa a segunda posição referente aos maiores geradores de resíduos industriais, o que justifica a preocupação e o estudo de tecnologia para tratamento com capacidade para atender à demanda.

Verifica-se também que a maioria dos resíduos do setor metal-mecânico é classificada como não perigosos, reduzindo o grau de complexidade no manuseio, armazenamento, transporte e tratamento.

Por meio dos dados fornecidos pelo Inventário da FEPAM, podem ser identificados os municípios maiores geradores de resíduos classificados como perigosos, pela Tabela 2.3.3, e como não perigosos, pela Tabela 2.3.4.

Tabela 2.3.3 - Os 30 maiores municípios geradores de resíduos sólidos industriais perigosos.

MUNICÍPIO	PERCENTUAL DE EMPRESAS INVENTARIADAS	PERCENTUAL DE RESÍDUOS PERIGOSOS
Estância Velha	2,34	9,12
Novo Hamburgo	8,14	8,57
Portão	1,76	8,4
Encantado	0,41	6,81
Caxias do Sul	14,41	5,81
Ivoti	0,7	4,56
Charqueadas	0,18	4,2
Sapucaia do Sul	1,17	4
Triunfo	0,88	3,39
Arroio do Meio	0,53	3,06
Turuçu	0,06	2,8
Muçum	0,23	2,56
Canoas	3,69	2,47
Gravataí	3,34	2,4
Taquari	0,29	2,34
Getúlio Vargas	0,12	2,24
Lindolfo Collor	0,18	2,14
Doir Irmãos	0,70	1,74
Porto Alegre	6,68	1,49
Tapera	0,23	1,47
Alvorada	1,00	1,34
Parobé	0,94	1,27
São Leopoldo	3,51	1,21
Picada Café	0,23	1,18
Nova Esperança do Sul	0,12	1,04
Roca Sales	0,23	0,92
Cambará do Sul	0,12	0,89
Lajeado	0,53	0,88
Bom Retiro do Sul	0,18	0,87
Teutônia	0,47	0,84

Fonte: Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa RS – 2002, 59 p.

Tabela 2.3.4 - Os 30 maiores municípios geradores de resíduos sólidos industriais não perigosos.

MUNICÍPIO	PERCENTUAL DE EMPRESAS INVENTARIADAS	PERCENTUAL DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS
Guaíba	0,41	19,11
Sapucaia do Sul	1,17	9,62
Triunfo	0,88	7,98
Porto Xavier	0,06	6,82
Charqueadas	0,18	6,05
Caxias do Sul	14,41	5,89
Parobé	0,94	4,31
Montenegro	0,47	3,22
Estância Velha	2,34	3,02
Porto Alegre	6,68	2,52
Gravataí	3,34	2,31
Portão	1,76	2,14
Rio Grande	0,41	2,04
Canoas	3,69	2,03
Sapiranga	2,11	1,81
Carlos Barbosa	0,64	1,75
Bento Gonçalves	3,57	1,21
Cachoeirinha	3,28	0,99
Taquari	0,29	0,95
São Leopoldo	3,51	0,95
Tapera	0,23	0,82
Novo Hamburgo	8,14	0,74
Esteio	0,88	0,71
Panambi	0,53	0,7
Passo Fundo	0,76	0,59
Lindolfo Collor	0,18	0,56
Roca Sales	0,23	0,53
Turuçu	0,06	0,53
Cambará do Sul	0,12	0,53
Farroupilha	1,87	0,52

Fonte: Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa RS – 2002, 59 p.

Caxias do Sul, cidade do pólo gaúcho metal-mecânico, ocupa o quinto e o sexto lugar na classificação de municípios com maior geração de resíduos industriais perigosos e não perigosos respectivamente. Estes dados geram preocupação quanto à destinação adequada do rejeito industrial em questão e justifica o fato de diversas empresas desse município procurarem tecnologias de tratamento eficientes.

Acima do município de Caxias do Sul na tabela 2.3.3, constam apenas cidades onde predomina a indústria coureira, conhecida por seu potencial poluidor consideravelmente alto, em função de descartar grandes quantidades de resíduos perigosos, inerente ao processo. Enquanto na tabela 2.3.4, o setor químico e de celulose são os que apresentam maior geração de resíduos não perigosos, apesar de possuírem número reduzido de empresas, bastante inferior à cidade de Caxias.

A tabela 2.3.5, expõe o percentual de resíduos perigosos gerados por setor e percentual desse tipo de resíduo que é enviado para tratamento em outro estado do Brasil.

Tabela 2.3.5 - Montante de resíduos sólidos perigosos enviados para fora do RS.

SETOR INDUSTRIAL	QUANTIDADE DE RESÍDUO GERADO (t/ano)	PERCENTUAL DE RESÍDUO PERIGOSO GERADO	PERCENTUAL DE RESÍDUO PERIGOSO GERADO ENVIADO PARA FORA DO RS	QUANTIDADE DE RP ENVIADO PARA FORA DO RS (t/ano)
QUÍMICO	283.585,89	6,25	23,7	4.200,62
METALÚRGICO	277.914,17	7	56,33	10.958,43
COURO	243.881,86	49,27	2,33	2.799,74
PAPEL E CELULOSE	187.240,41	0,92	2,11	36,35
MECÂNICO	108.342,79	16,05	16,81	2.923,09
TRANSPORTE	23.721,31	19,17	57,35	2.607,92
TÊXTIL	2.951,28	28,88	0	-
MINERAIS NÃO METÁLICOS	983,81	4,94	0	-
LAVANDERIA INDUSTRIAL	448,44	57,84	98,3	254,97
TOTAL	1.129.068,94	100	-	-

Fonte: Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa RS – 2002, 59 p.

De acordo com a tabela 2.3.5, observa-se que o setor metalúrgico é o que mais envia resíduos perigosos para fora do RS. Por falta de melhores tecnologias de tratamento no RS em comparação com a destinação temporária em aterros, torna-se ambientalmente mais correto buscar descarte desses resíduos em outros Estados do Brasil, onde há aproveitamento desse material.

A tabela 2.3.6 indica a quantidade em massa e percentual de resíduos sólidos industriais que são enviados para aterros industriais.

Tabela 2.3.6 - Montante de resíduos sólidos perigosos enviados para aterros industriais.

SETOR INDUSTRIAL	QUANTIDADE DE RESÍDUO GERADO (t/ano)	PERCENTUAL DE RESÍDUO PERIGOSO GERADO	PERCENTUAL DE RP GERADO ENVIADO PARA ATERRO INDUSTRIAL	QUANTIDADE DE RP ENVIADO PARA ATERRO INDUSTRIAL (t/ano)
QUÍMICO	283.585,89	6,25	21,02	3.726,42
METALÚRGICO	277.914,17	7	13,55	2.636,34
COURO	243.881,86	49,27	84,17	101.152,45
PAPEL E CELULOSE	187.240,41	0,92	0,01	0,17
MECÂNICO	108.342,79	16,05	49,61	8.626,78
TRANSPORTE	23.721,31	19,17	2,77	125,87
TÊXTIL	2.951,28	28,88	89,16	760,00
MINERAIS NÃO METÁLICOS	983,81	4,94	6,17	3,00
LAVANDERIA INDUSTRIAL	448,44	57,84	0	0,0
TOTAL	1.129.068,94	100	-	-

Fonte: Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa RS – 2002, 59 p.

É considerável a percentagem de resíduos perigosos enviados pelos dois setores estudados, 50% e 14%, para aterros industriais, enquanto existem alternativas mais corretas de tratamento disponíveis. Isso ocorre principalmente devido ao fator financeiro, uma vez que o licenciamento para envio desses materiais a outros Estados envolve demais custos e há também o maior custo com o frete.

2.4. Legislação

Muitas determinações legais surgiram com a conscientização de preservação ambiental, sendo estas fundamentais para haver uniformidade de conceitos e, conseqüentemente, cumprimento por parte de todos, cidadãos e empresas.

O primeiro registro oficial relatando a necessidade de preservar o meio ambiente foi na Constituição Federal de 1988 e desde então, resoluções, portarias e leis foram criadas para aumentar o controle ambiental diante da ação humana com o crescimento populacional e industrial.

2.4.1. Leis Federais

O artigo 25 da Constituição Federal de 1988 prevê que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BIDONE, 2001).

Algumas leis e resoluções foram criadas para classificar e identificar os resíduos, bem como determinar os meios proibidos e os recomendados para tratamento de determinados tipos.

- Lei 2.312, de 1954, estabelece que a coleta, transporte e destino final dos resíduos devem ocorrer em condições que não provoquem inconvenientes à saúde e ao bem-estar público.

-Lei 12.305, de 2010, estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

-Lei 9.605, de 1998, trata de crimes ambientais.

2.4.2. Resoluções do CONAMA

O gerenciamento de resíduos tem como base as resoluções do CONAMA, nas quais constam exigências e instruções importantes para os geradores de resíduos administrarem adequadamente a destinação desses. Diversas dessas resoluções orientaram o presente estudo de beneficiamento de resíduos, são elas:

- Resolução CONAMA 002, de 22-08-1991, dispõe sobre o destino final de cargas deterioradas, contaminadas, fora de especificação ou abandonadas.
- Resolução CONAMA 005, 05-08-1993, dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos dos serviços de saúde, portos e aeroportos, bem como terminais ferroviários e rodoviários.
- Resolução CONAMA 006, de 15-06-1988, define os empreendimentos que devem necessariamente gerir o destino dos resíduos.
- Resolução CONAMA 009, de 31-08-1993, norteia o gerenciamento, a reciclagem, o descarte, a disposição, a combustão, a industrialização e a comercialização de óleos lubrificantes usados ou contaminados.
- Resolução CONAMA 257, de 30-07-1999, prevê que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que a comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada, para repasse aos fabricantes, a fim de que estes adotem os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição adequada.
- Resolução CONAMA 258, de 26-08-1999, estabelece que empresas fabricantes de pneumáticos sejam obrigadas a coletar e dar destinação final, ambientalmente adequada, aos pneus inservíveis.
- Resolução CONAMA 264, de 26-08-2000, trata do licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento.
- Resolução CONAMA 316, de 29-10-2002, dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, ou seja, utilização de temperaturas em fornos acima de 800°C.
- Resolução CONAMA 401, de 04-11-2008, estabelece os critérios e padrões para o gerenciamento ambientalmente adequado.

2.4.3. Legislação Estadual

A Fundação de Proteção Ambiental do RS (FEPAM) instituiu diversas portarias para aumentar o controle em caráter estadual de atividades industriais. Para o trabalho em questão, a Portaria 16 destaca-se pela orientação a caminho de mudanças de paradigmas sobre destinação de RSI no Estado.

A Portaria 16, de 20 de abril de 2010, determina a ilegalidade para disposições de resíduos inflamáveis em centrais de recebimento e destinação de resíduos perigosos (aterros industriais).

Essa portaria estimula o envio de resíduos para outros fins diferentes do aterro, iniciando através desses materiais com características de inflamabilidade e posteriormente, sendo aplicado a diversos outros tipos de rejeitos.

2.5. Normas Técnicas

Algumas normas técnicas tratam especificamente de amostragem, classificação, armazenamento e transporte de rejeitos, sendo importante destacá-las:

- NBR 10.004, de 1987, classifica os resíduos quanto a seus riscos ao meio ambiente e à saúde pública. A norma distingue três classes:

CLASSE I – Resíduos perigosos – Será classificado assim, caso uma amostra do resíduo em estudo seja enquadrada em pelo menos um dos critérios de periculosidade (inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade).

CLASSE II A – Não-inertes – São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I ou IIB. Podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São incluídas nessa categoria os resíduos domiciliares.

CLASSE II B – Inertes – São aqueles que, submetidos ao teste de solubilização, não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

- NBR 10.005, de 1987, estabelece procedimento de lixiviação de resíduos, visando a verificar a potencialidade de liberação de elementos solúveis do resíduo sob a influência de água em agitação.
- NBR 10.006, de 1987, estabelece procedimento de solubilização de resíduos.
- NBR 10.007, de 1987, estabelece procedimento para amostragem, preservação e estocagem de amostras de resíduos sólidos.
- NBR 11.174, de 1990, estabelece procedimento para armazenamento de resíduos Classe II A e II B.
- NBR 12.235, de 1992, estabelece procedimento para armazenamento de resíduos Classe I.
- NBR 13.028, de 1993, que elabora e apresenta procedimento para projeto de disposição de rejeitos de beneficiamento, em barramento, em mineração.
- NBR 7.500, de 1994, estipula simbologias de risco para o transporte e armazenamento de materiais.
- NBR 13.221, de 1994, estabelece procedimento para transporte de resíduos.

2.6. Gestão de resíduos sólidos

Segundo Bidone (2001), o conceito de resíduo varia com o tempo, espaço, sociedade, cultura, economia, tecnologia e informação. Com o tempo, um resíduo pode ser considerado assim em uma época, mas não mais em outra. Com o espaço, o que pode representar valor nulo para um detentor, pode corresponder a um valor positivo para outro. Cada cultura define o que é resíduo para si e como se deve dispor este, sendo que podem e devem ocorrer mudanças nos seus paradigmas de acordo com a evolução tecnológica. Esta por sua vez propõe sempre alternativas para o que até então se encontra sem solução e a informação é definitivamente o veículo mais promissor para a conscientização das pessoas.

Sob qualquer ótica, as ações sobre os resíduos são incontestavelmente ligadas a duas estratégias fundamentais de gestão: a redução na fonte e o tratamento.

A estratégia de redução da geração de resíduos pode ser traçada por duas linhas de projeto. A primeira atuaria na eliminação do uso do produto do qual é gerado o resíduo, porém esse procedimento só costuma ser adotado frente a uma exigência legal. Enquanto a segunda, modificaria a maneira de produção, otimizando o processo em busca do uso de tecnologia limpa.

A estratégia de tratamento propõe que ocorra a valorização ou a eliminação do resíduo. Ao agregar valor, o material retorna ao mercado com outra utilidade, diferente da anterior, enquanto que o descarte deve ser feito em última instância, quando nenhuma alternativa de valorização se mostrar viável.

Dessa forma, o ideal seria administrar um processo que não gerasse resíduo algum. Não sendo isso possível, a minimização da geração de resíduos deve ser adotada como prática de extrema importância do ponto de vista econômico, social e ambiental, pois todo e qualquer procedimento com o resíduo, seja na valorização ou na eliminação, acarretará impactos ambientais, custos para a empresa e preocupação da sociedade.

2.6.1. Tratamento de resíduos sólidos industriais

Frente à crescente necessidade de encaminhar adequadamente os rejeitos gerados pela indústria, a busca por tecnologias apropriadas e viáveis do ponto de vista econômico é de fundamental importância para a escolha do tipo de tratamento que será efetuado. Dessa forma, eliminar a periculosidade e toxicidade do resíduo, transformando-o em material proveitoso para outro processo, deve ser prioritário ao comparar as tecnologias abaixo.

A) Incineração

O processo de incineração utiliza a decomposição térmica via oxidação, com o objetivo de reduzir o volume e a toxicidade do resíduo, torná-lo atóxico ou ainda, eliminá-lo. Dentre os resíduos com maior potencial para esse tratamento, incluem-se: materiais orgânicos, constituídos basicamente por carbono, hidrogênio e oxigênio e com poder calorífico inferior maior que 4.700 kcal/kg, sem a necessidade de adicionar combustível auxiliar para a queima. A incineração é a melhor opção, segundo Rocca (1993), para o tratamento de resíduos altamente persistentes, tóxicos e muito inflamáveis.

Os fornos rotativos, dentre muitos outros, são um dos equipamentos usados para esse tipo de tratamento. No estudo de caso desse trabalho, veremos sua aplicabilidade no beneficiamento de RSI, favorecido pela rotação do aparelho a qual promove maior contato do material com o ar aquecido e também pela sua leve inclinação em relação ao plano horizontal, de forma a remover continuamente os sólidos resultantes do processo.

B) Estabilização e solidificação (encapsulamento)

A estabilização transforma os resíduos em formas menos solúveis e tóxicas por meio de reações químicas que fixam elementos em cristais estáveis ou em polímeros impermeáveis. Por outro lado, a solidificação produz massa sólida de fácil transporte e manuseio, devido à integridade estrutural e características físicas. Essas duas tecnologias são consideradas como pré-tratamento de resíduos, pois não eliminam nem transformam em outro produto, apenas os condicionam a componente sem utilidade em outro material, por isso o termo *encapsulamento*. O princípio dessas técnicas é a redução da área superficial visando dificultar a transferência de poluentes para o ambiente.

Esses processos não são recomendáveis para materiais orgânicos, pois esses interferem nas condições físicas e químicas que mantêm agregados os resíduos. São mais apropriados para resíduos inorgânicos em solução ou suspensão aquosa contendo grandes concentrações de metais pesados ou sais inorgânicos.

C) Aterro

É a forma de destinação de resíduos mais econômica e conhecida. Entretanto, não serve para todos os tipos de rejeito e obriga o gerador a ser co-responsável por qualquer contaminação que porventura ocorra no ambiente. Divide-se em aterro sanitário, para disposição de resíduos sólidos urbanos, e aterro industrial, para disposição de resíduos sólidos industriais.

Este método de tratamento deve impedir a percolação de águas da chuva através dos resíduos depositados e a infiltração de poluentes no subsolo, esta última com o uso de argilas compactadas ou membranas sintéticas, além do fato de precisar de sistemas de coleta e tratamento de líquidos percolados. Para garantir a estanqueidade do sistema, é necessário monitorar a qualidade do aquífero no entorno do aterro. Segundo Bisordi (1999), soma-se aos impactos ambientais possíveis, a liberação de gases resultantes da decomposição dos resíduos, promovendo odores desagradáveis e condições de inflamabilidade e até mesmo autocombustão em dias mais quentes.

Resíduos inflamáveis, reativos, oleosos, orgânico-persistentes ou que contenham líquidos livres não devem ser dispostos em aterros.

D) Co-processamento

Tecnologia de destruição térmica de materiais em fornos de clínquer para a fabricação de cimento, onde os resíduos destinados para tratamento são inseridos nos fornos como substitutos de combustíveis ou ainda como substitutos de matéria-prima, dependendo de sua composição. De acordo com a Resolução do CONAMA nº 264, de 1999, desde que os rejeitos apresentem características energéticas apropriadas, esses podem ser aproveitados e eliminados através do co-processamento, como por exemplo, borras oleosas, solventes, papel e plástico contaminados, lodo de estação de tratamento de efluentes e borras de tinta, os quais são resíduos inflamáveis e sem condições de serem beneficiados.

3. METODOLOGIA

Para o presente estudo, foram analisados dados fornecidos pela empresa Renova, na forma de laudos técnicos. Os Anexos I, II, III e IV apresentam o modelo de laudos estudados. Determinou-se para este trabalho a análise dos laudos elaborados pela empresa no período entre janeiro e setembro de 2010.

Observa-se que a empresa, ao entrar em contato com o cliente, realiza coleta de amostra de resíduos a fim de analisar a possibilidade de beneficiamento dos mesmos. Após, as amostras são encaminhadas para o laboratório e os parâmetros os parâmetros analisados. Verifica-se no laudo o teor de voláteis e de óleos e graxas, além da concentração de ferro, alumínio, bário, cloreto, cobalto, cromo, manganês, molibdênio, níquel, sódio, sulfato, tungstênio, vanádio e zinco. Se constatada a alta concentração de ferro e ligas, o resíduo será encaminhado para o processamento.

Ainda, a partir do laudo constata-se se há a necessidade de:

- blendagem com demais resíduos, a fim de aumentar a concentração de ferro e ligas para obter os produtos acabados padrões apresentados pela empresa;
- adição de agentes redutores para reduzir a concentração de óxidos;
- secagem no forno rotativo;
- aumento do tempo de permanência no forno rotativo.

4. ESTUDO DE CASO

O presente estudo trata da operação de beneficiamento na empresa Renova, objetivando tratar resíduos da indústria metalúrgica e mecânica para aproveitamento em siderúrgicas, para a fabricação do aço.

4.1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na Renova Beneficiamento de Resíduos Industriais Ltda, empresa de capital nacional voltada para o beneficiamento e reciclagem de resíduos industriais, com duas unidades operacionais no Estado de São Paulo, Arujá e Guarulhos, além de uma unidade de armazenamento temporário em Canoas e um escritório de representação comercial em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. A empresa está licenciada para beneficiar e reciclar resíduos que contenham ferro e ligas, não importando a classificação de resíduo perigoso ou não-perigoso.

Para atender aos clientes do RS, a Renova possui um prédio de estocagem temporária em Canoas para armazenar diversas cargas pequenas e médias (cargas com peso inferior a 20t), acondicionadas em caçambas, formando assim volume suficiente para fechar um carregamento. Deste local os resíduos são transportados em carga de grande porte para SP, onde ocorre o tratamento. Quando o material está acondicionado em tambores, o transporte é realizado diretamente para SP a partir do cliente.

A unidade de Arujá iniciou suas atividades em 1986 e em 2004 entrou em operação a unidade de Guarulhos. A primeira é responsável pelo beneficiamento dos resíduos recebidos, remoção dos contaminantes e tratamento dos gases gerados pelo processo. Já na segunda unidade ocorre a transformação do pó de minério produzido em briquetes.

O processo de beneficiamento ocorre pela destruição térmica dos contaminantes nos materiais recebidos. Ao chegar na Renova, as cargas de materiais são descarregadas em locais de armazenamento temporário de acordo com suas características. Materiais secos são estocados em boxes apropriados, longe de possíveis contaminações como água

da chuva ou outros materiais úmidos. Materiais pastosos ou muito úmidos são depositados em outros boxes, como indicado na Figura 4.1.1, e já nessa etapa ocorre a primeira fase do tratamento com a remoção de percentual de líquidos contaminantes pela ação gravitacional e escoamento pelas calhas de contenção que se localizam ao redor de cada baia. Esse líquido drenado é enviado ao tanque de armazenamento de óleos, para ser encaminhado à empresa licenciada e capacitada para tratá-lo.



Figura 4.1.1 – Recebimento (a) e armazenamento temporário em boxes (b) dos resíduos para beneficiamento.

Dependendo da composição média de cada lote de resíduos, é necessário passar pela etapa de blendagem de forma a misturar resíduos com baixa concentração de ferro com outros de alta concentração para assim produzir briquetes adequados ao processamento industrial das siderúrgicas.

A seguir, todos os resíduos em condições semelhantes de umidade são encaminhados para o forno rotativo, ilustrado na Figura 4.1.2 (a), para retirar a umidade residual, como a água e o óleo, permanecendo no forno cerca de dez minutos sob a temperatura de 500°C. Os gases resultantes da volatilização de alguns componentes são então tratados em pós-queimador de chama direta para oxidar os compostos orgânicos formados no forno. O pós-queimador, como mostra a Figura 4.1.2 (b), opera movido a GLP e trata os gases durante cerca de oito segundos à temperatura de 950°C. A seguir, o gás passa por um resfriador e então por um filtro manga, Figura 4.1.2 (c), para remoção dos materiais particulados suspensos na corrente gasosa, antes de ser liberado para a atmosfera.

Entretanto, não se utiliza material na forma de pó no alto forno para fabricação do ferro gusa, visto que poderia ser arrastado com os gases devido à baixa densidade. Assim, faz-se necessária a compactação desse material de modo a obter maior rendimento no processo siderúrgico. Na Figura 4.1.3 é possível verificar as etapas de aproveitamento do resíduo beneficiado.

A aglomeração é feita pela adição de compostos ligantes em tanque misturador. Esses compostos podem ser melação de cana ou dextrina. A primeira compõe cerca de 6% da composição do briquete, enquanto a segunda, compõe cerca de 2% apenas, apresentando maior rendimento e por conseqüência, maior densidade.

O ferro presente nos briquetes encontra-se no estado metálico e na forma de óxidos. Para utilização em fornos elétricos, os briquetes são fabricados com a adição de percentual de carbono, que possibilita a redução desses óxidos, maximiza o aproveitamento metálico e reduz a formação de escória.

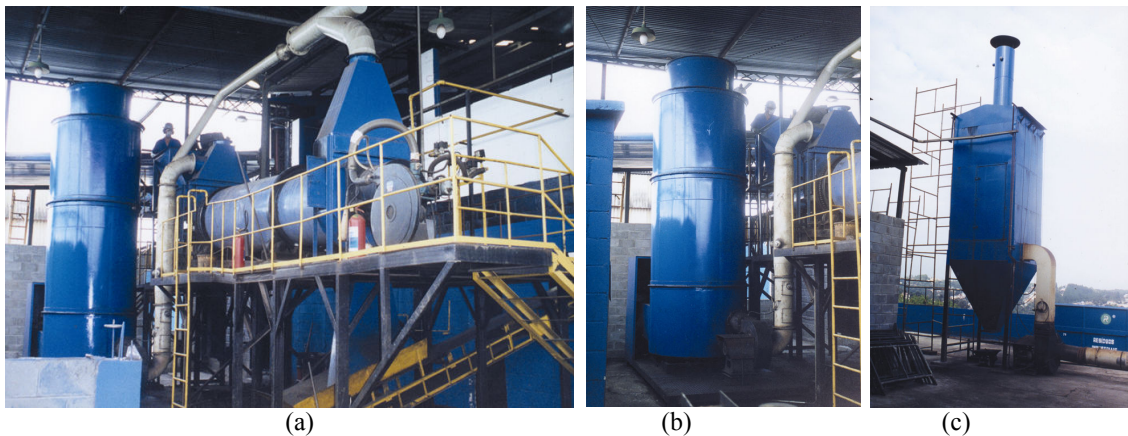


Figura 4.1.2 - Forno rotativo (a), pós-queimador (b) e filtro de manga (c).

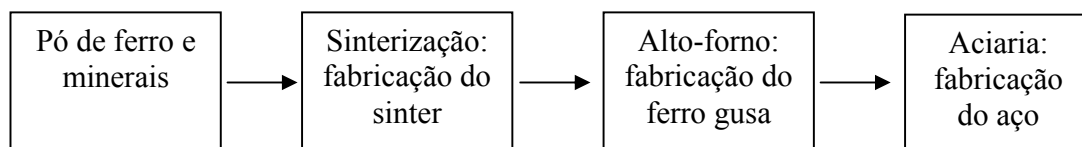


Figura 4.1.3 – Etapas do processamento do minério de ferro para fabricação do aço.

A aglomeração do pó metálico possibilita melhores condições de armazenamento e transporte do produto, redução de seu volume e obtenção de material com forma,

tamanho e parâmetros físico-químicos definidos. O pó é prensado a frio e forma os chamados briquetes. Para remoção de pós residuais não compactados, utiliza-se peneira vibratória e posteriormente encaminha-se o briquete pronto para a área de cura, com a finalidade de adquirir maior resistência mecânica antes de ser transportado às siderúrgicas, para a fabricação do sinter, com a finalidade de fabricar ferro gusa em alto-forno e posteriormente, o aço. A Figura 4.1.4 ilustra as condições do material produzido a partir do resíduo recebido.

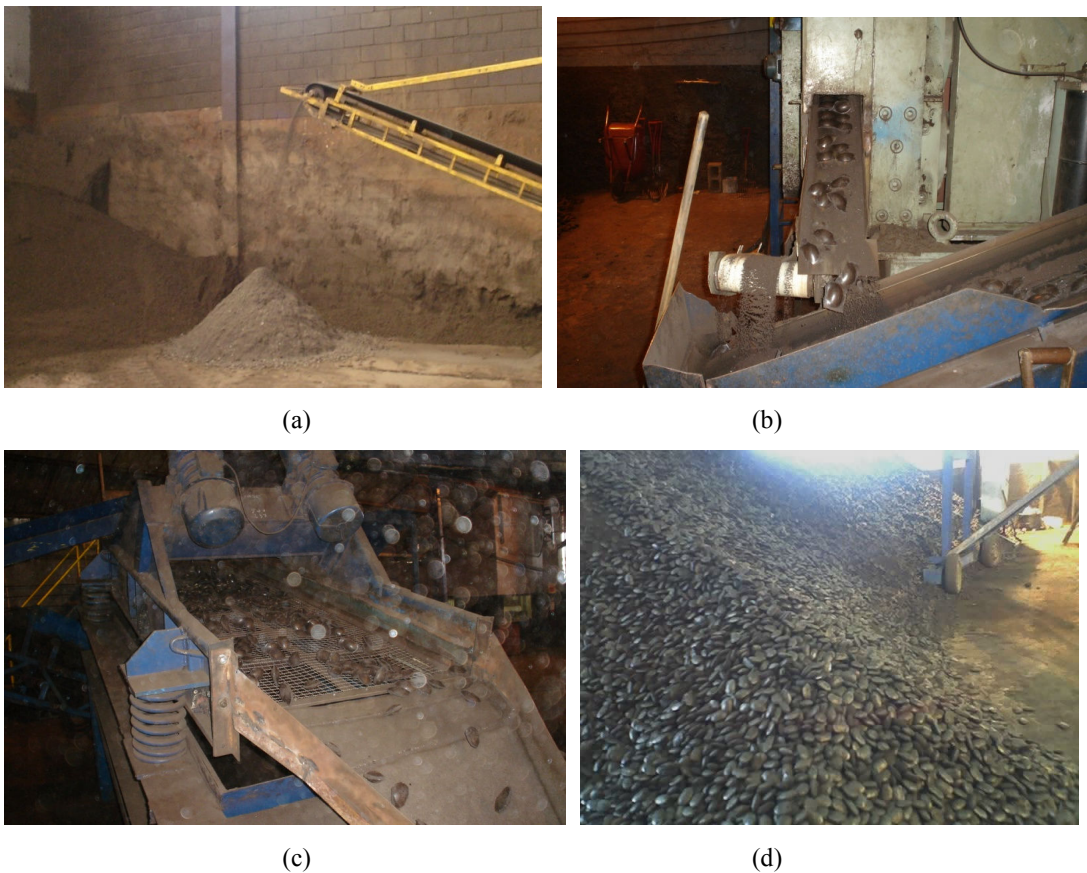


Figura 4.1.4 – Pó metálico (a), briquetagem (b), peneira (c) e briquetes na área de cura(d).

A Figura 4.1.5 apresenta o diagrama completo das etapas de investigação quanto à possibilidade de beneficiamento do resíduo, licenciamento, operação e envio do produto acabado.

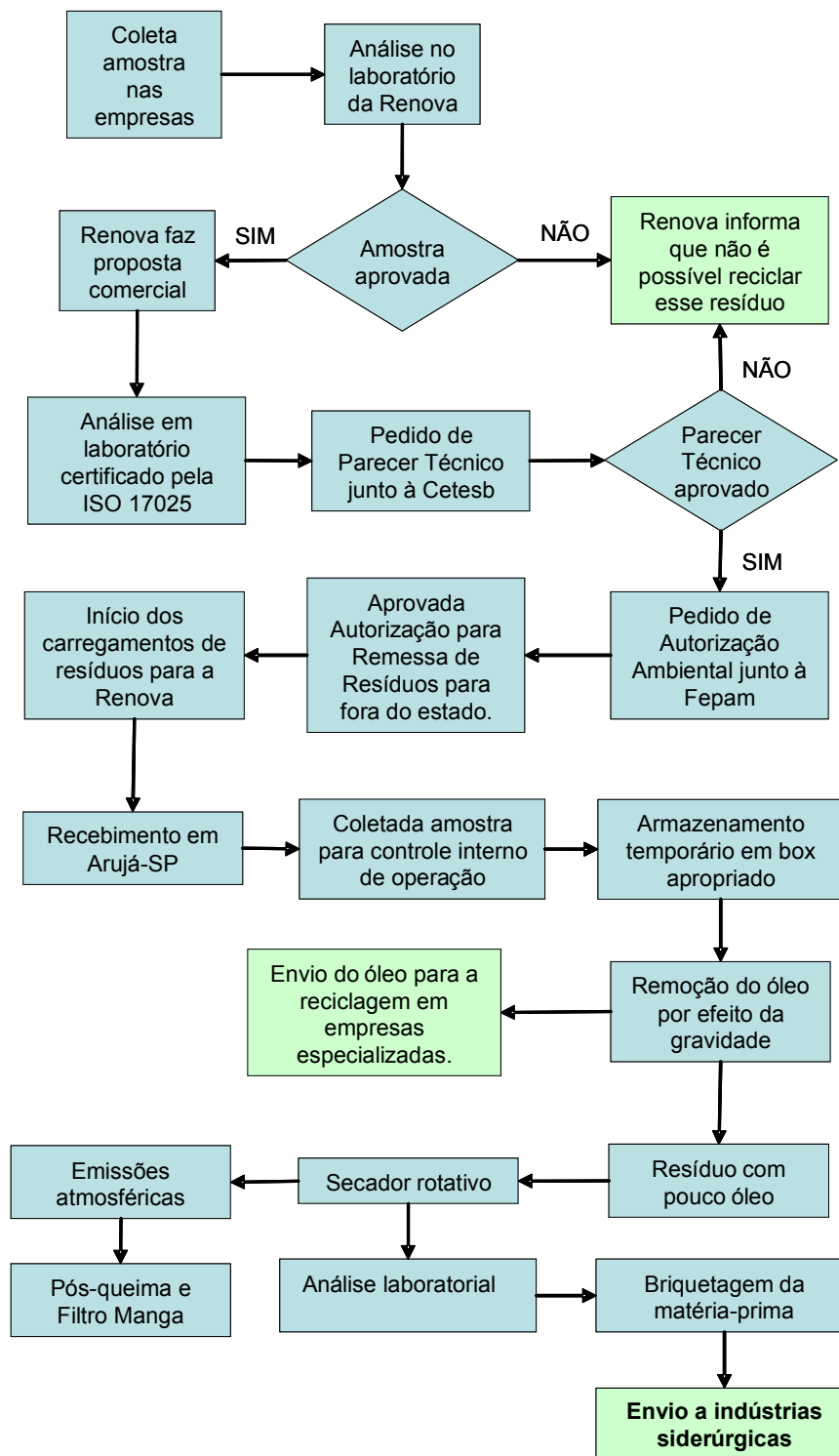


Figura 4.1.5 - Etapas de beneficiamento de resíduos sólidos das indústrias metal-mecânicas.

4.2. Resíduos com potencial para encaminhamento à empresa

O processo estudado neste trabalho trata de resíduos contendo ferro e ligas para a fabricação de aço. Compostos como níquel, cádmio, lítio e chumbo, não são componentes desse tipo de processo, não sendo, portanto, interessante à Renova, que direciona sua produção especificamente para a indústria do aço. Apesar de empresas galvanicas procurarem o serviço de beneficiamento para seus rejeitos como uma alternativa mais avançada ambientalmente, dificilmente estes poderão ser tratados por esta tecnologia, uma vez que a composição média envolve alta concentração de cromo e níquel, inerente ao processo de cromagem e niquelagem, realizado através dos banhos galvânicos. Já as empresas que realizam o processo de zincagem têm mais condições de enviar seus resíduos para o beneficiamento.

A Resolução 316 do CONAMA, de 29 de outubro de 2002, que estabelece critérios e procedimentos para o processo de tratamento térmico de resíduos, foi indicada pela CETESB para que a Renova obedeça às exigências legais quanto às emissões atmosféricas permitidas de acordo com o artigo 38, uma vez que não há legislação específica para fornos operantes abaixo de 800°C. Com isso, mesmo que a Renova tenha interesse em beneficiar resíduos de outros setores industriais, fica restrita ao recebimento de materiais com mínimas concentrações de níquel, cádmio, chumbo e lítio pela resolução do CONAMA.

4.3. Tipos de resíduos estudados

No estudo de caso foi avaliado o beneficiamento de alguns tipos de resíduos bastante gerados na indústria metal-mecânica, são eles:

- Borra de retífica: gerado no processo de usinagem por abrasão para correção de irregularidades de superfície de peças metálicas. Com a retificação da peça ocorre o aumento de temperatura em função do atrito, e para isso é usado óleo refrigerante para auxiliar na atividade, reduzindo os efeitos de temperatura, que prejudicaria a produção com possíveis queimas das peças e expansão do formato. Assim esse resíduo é constituído basicamente de pó de ferro e óleo. Compõe o

primeiro lugar na lista de resíduos mais recebidos pela Renova e também o mais interessante para o serviço.

- Pó de rebarbação: resíduo do processo de remover as bordas recortadas, aparas ou saliências das peças fabricadas.
- Pó de polimento: resíduo da etapa de polimento de peças metálicas.
- Pó de jateamento de granalha: resíduo gerado com o bombardeamento de partículas abrasivas a altas velocidades para remoção de contaminantes de peças fundidas ou forjadas.
- Pó de esmerilhamento: resíduo de acabamento de peças metálicas para obter superfície mais regular, com remoção de rebarba e lixamento.
- Borra de oxicorte: resíduo do seccionamento de metais pela combustão localizada a partir do jateamento de oxigênio com alta pureza em superfície previamente aquecida.
- Pó de exaustão e varrição: material particulado gerado em diversas etapas de produção e direcionado por sistema de exaustão para sua captura.
- Lodo de ETE: resíduo com percentual líquido em sua composição gerado no tratamento de efluente industrial. No caso deste trabalho, trataremos de efluente não orgânico.
- Borra de fosfatização: rejeito do tratamento de superfície para evitar oxidação das peças.
- Borra de desengraxe: resulta da remoção de todas as graxas e óleos das peças metálicas.
- Carepas de solda: é o produto da oxidação da superfície do aço inoxidável ferrítico durante o processo de fabricação a quente.
- Escória: mistura de óxidos metálicos e metais em seu estado elementar geralmente usada para remoção de impurezas na fundição de metais.

4.4. Resultado dos dados coletados

A tabela 4.4.1 apresenta os dados coletados no presente estudo. Os mesmos foram obtidos através de análise detalhada dos laudos fornecidos pela empresa no período em questão.

Pelos laudos de análises dos resíduos apresentados, todos os resíduos em questão têm condições de serem beneficiados pela empresa, uma vez que é constatado não serem orgânicos e inflamáveis, considerando a remoção do óleo presente em alguns casos, e portanto não passíveis de incineração ou co-processamento. Somado a isso, a destinação em aterro industrial seria completa perda de material com valor agregado.

Pode-se observar que existe volume significativo de resíduos que podem ser encaminhados para beneficiamento, retornando minérios ao ciclo produtivo e auxiliando na redução de impactos ambientais resultantes da exploração de minérios, como o desmatamento e a erosão do solo, além de eliminar a co-responsabilidade que as indústrias têm sobre os resíduos gerados.

Tabela 4.4.1 – Laudos de Caracterização dos Resíduos Encaminhados para Verificação da Empresa (2010/jan-set)

Empresas	Resíduo	Fe	Al	Zn	Cr	Ni	Mn	Mo	Va	Tu	Co	S	Cu	Mg	P	Si	Ca	Na
A	escórias	11,21	1,19		0,07		8,68	5,19									23,34	
	borra de oxicorte (plasma)	81,89	0,11		1,96	0,74	0,71	0,48		0,14								
	pó de jato	15,75	0,66		0,13	0,18	0,65	0,39										
	pó de exaustão	76,74	0,19		0,16	0,07	0,71	0,45		0,12								
B	pó de jato	39,96	0,39									0,06				20,5	0,07	
	pó de rebarbação	82,95																
C	pó de polimento	27,73	15,69	0,1		0,1	0,06				0,08						0,59	
D	lodo de ETE		3,42		0,06			0,07	0,08									
E	borra de desengraxe	59,28	0,17	0,06			0,92										0,15	
F	lodo de ETE	4,37	4,8	0,28	0,1		0,22										5,56	
G	lodo de ETE	43,80	2,70	27,71	4,30	0,12	0,21		0,02				0,02	9,70			21,10	3,35
H	pó de lixadeira	73,71			0,26		0,29											
	pó de jato de granalha	79,74			0,14		0,44											
	lodo de ETE	7,35	4,54	0,61	13,15	2,70	1,13										8,06	
	borra de retífica	75,51	0,11		0,21		0,21											
	pó de esmeril	75,95	0,07	0,08	0,16	0,15	0,33										0,07	
I	lama sist. Água	45,43	1,06		0,17	0,65	0,31									5,30	0,44	
J	pó de jato de granalha	91,60			0,03		0,38											
K	pó de exaustão- linha vazamento	24,11	0,50	1,71			0,40	0,22									0,51	
	pó de jato	30,04					0,15	0,07										
	pó de exaustão- linha recuperação	6,09	0,07				0,08											
L	borra de retífica	82,09	0,12				0,46	0,20										
M	pó de jato de granalha	82,00			0,17		0,99									0,16		
N	lodo de ETE	21,79	1,09	1,17	0,09		0,10										7,55	
O	carepa de solda	4,02	3,99				5,06	2,10									2,60	
	resíduo de jato	70,93					0,44	0,21										
	pó de laser	48,73					1,97	0,86										
	pó de jato	74,98			0,09	0,24	0,53											
	lodo de plasma	68,51					0,61	0,27										
	resíduo de oxicorte	46,43					0,61	0,29										

Continuação da Tabela 4.4.1

Empresas	Resíduo	Fe	Al	Zn	Cr	Ni	Mn	Mo	Va	Tu	Co	S	Cu	Mg	P	Si	Ca	Na
P	borra de plasma	66,83	0,08				0,47	0,06			0,07							
	pó de varrição	64,52	0,23	0,07		0,06	0,83	0,09			0,07						0,53	
Q	borra de filtro prensa	9,80	5,70	0,71	0,03		0,21						0,80	1,70			16,90	3,35
R	borra de EDTI	14,55	0,46	2,50		1,40	1,21	0,73									20,74	
	borra de retifica com mantas filtrantes	78,78					0,27	0,16		0,13								
	bora de ETE	17,08	0,42	2,14		0,94	0,83	0,49									19,51	
	borra de fosfato	26,92		7,12		0,72	1,64	0,95									0,12	
	diatomita com óleo	60,96				0,08		0,29	0,16		0,11						0,08	
S	lodo de ETE	26,73	0,08	15,24			0,07										4,04	
	pó de laser	57,40	0,10		0,20	0,26	0,35											
T	Borra de oxicorte (plasma)	89,24			0,08		0,98	0,28		0,17								
U	Borra de oxicorte (plasma)	77,52					0,73	0,22		0,14								
	lodo de ETE	0,74	0,43	0,08													21,53	
	Borra de plasma	79,66					0,39	0,13		0,16								
	pó de laser	69,37					0,58	0,18		0,15								
	pó de varrição	77,18					1,06	0,32		0,13							0,33	
	pó de jato de granalha	74,42		0,08			0,99	0,33		0,14							0,12	
V	lodo de ETE	0,44	9,52	0,69	9,42	0,69											17,70	
W	lodo de ETE	9,56	2,86	0,15	5,24	1,01											6,19	
X	lodo de ETE	3,04	0,33	0,18	14,79	16,10											3,80	
	pó de polimento	55,54	0,76	0,26		0,10	0,16										0,59	
Y	pó de rebarbação	93,40					0,39					0,14			0,04			
Z	pó de ferro caçamba 1	70,36					0,17					0,06						
	pó de ferro caçamba 2	76,79					0,23	0,29				0,13						
	pó de ferro caçamba 3	8,46	1,02				0,12					0,27					0,09	
	pó de ferro caçamba 4	9,27	0,66				0,09					0,23					0,07	
	pó de ferro caçamba 8	41,51	0,30				0,28	0,09				0,28						
	pó de ferro caçamba 9	57,26	0,38				0,23	0,12				0,23					0,11	

4.5. Tipos de briquetes produzidos pela Renova

Os briquetes são resultado da compactação dos resíduos beneficiados. A Figura 4.5.1 e a 4.5.2 mostram um briquete e suas dimensões padronizadas.



Figura 4.5.1 – Briquete produzido pela Renova.

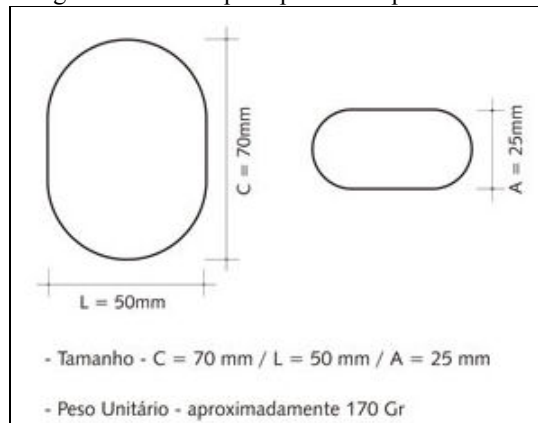


Figura 4.5.2 – Dimensões dos briquetes produzidos pela Renova.

No que se refere à Renova, são quatro os principais tipos de produtos:

A) Briquete Pó de Jateamento

Alto teor de ferro ($> 75\%$), neste caso não há necessidade de adição do agente redutor, devido à alta concentração de ferro metálico. É constituído principalmente do pó proveniente de sistema de jateamento com granalha. Em alguns casos há certa contaminação com silício. Para este material não há necessidade de secagem e o processo de briquetagem é feito diretamente sobre o material.

B) Briquete Aço Rolamento

Com teor de ferro acima de 65%, necessita adição de agente redutor devido à concentração de óxidos de ferro. É constituído de borras de retífica de empresas que fabricam rolamentos e costuma ser o produto de maior produção. É necessária a secagem e blendagem do material antes da briquetagem.

C) Briquete de Carepa

Constituído quase exclusivamente por óxidos de ferro, tem alta concentração de agente redutor. Antes da confecção do briquete, a carepa precisa passar pela trituração e secagem.

D) Briquete Cr-Ni

Constituído de aço válvula com alto teor de Níquel (> 10%) e Cromo (> 12%), não é necessário a adição de agente redutor, pois o material de interesse neste caso são os elementos de liga, os quais já se encontram na forma metálica. É necessário extremo cuidado ao processá-lo, para que não ocorra contaminação com outros materiais.

A análise de cada um dos tipos de produtos citados estão disponíveis no Anexo I, II, III e IV deste trabalho.

5. CONCLUSÕES

Na escolha de um método de tratamento ou disposição final é absolutamente necessário conhecer em detalhe as características do resíduo, sua origem, seus constituintes e a faixa de variação desses. Sendo assim, os processos de tratamento têm como objetivo submeter o resíduo a reações físicas, químicas ou biológicas para fazer com que o mesmo perca suas características de periculosidade, promover uma redução de volume ou mudança de alguma propriedade física ou química.

É importante que as indústrias tomem consciência de suas responsabilidades ambientais e investiguem a melhor tecnologia de tratamento para o tipo de rejeito gerado. Para a indústria metal-mecânica, o presente estudo mostrou as etapas do beneficiamento e a composição média dos constituintes que formam o briquete.

De acordo com os objetivos propostos no trabalho pode-se afirmar que:

- Os principais resíduos recebidos pela Renova são borra de retífica, de fosfatização, de desengraxe e de oxicorte; pó de jateamento, de rebarbação, de polimento, de esmerilhamento, de exaustão e de varrição; lodo de estação de tratamento de efluentes industriais; carepas de solda e escória.
- Todos os resíduos analisados em laboratório no período entre janeiro e setembro de 2010 são passíveis de tratamento na Renova, por possuírem altas concentrações de ferro e ligas para a fabricação do aço.
- Foram apresentadas nesse estudo as etapas necessárias para o beneficiamento: blendagem, secagem e briquetagem.
- A composição média dos constituintes dos resíduos analisados é adequada para o processo de beneficiamento.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

BERNARDES, A. M. *Manual de Orientações Básicas para a Minimização de Efluentes e Resíduos na Indústria Galvânica*. Porto Alegre. SENAI, 2000. 60 p.

BIDONE, F.R.A., POVINELLI, J. *Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos*. 1 ed. São Carlos. Ed.EESC/USP, 1999. 109 p.

BIDONE, F.R.A.. *Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização*. 1 ed. Porto Alegre. Ed. ABES, 2001. 218 p.

BISORDI, M. S. *Resid'99 – Seminário sobre Resíduos Sólidos*. 1 ed. São Paulo. Ed. ABGE, 1999. 149 p.

MACIEL, C. B. *Avaliação da Geração do Resíduo Sólido Areia de Fundição Visando sua Minimização na Empresa Metalcorte Metalurgia –Fundição*. Porto Alegre, 2005. 112 p.

FEPAM. *Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais – Etapa Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2002. 59 p.

ROCCA, A.C. *Resíduos Sólidos Industriais*. 2 ed. São Paulo. CETESB, 1993. 233 p.

SANTOS, L. D. *Utilização de Resíduos de Borra Oleosa de Retífica na Fabricação do Ferro Gusa*. Taubaté, 2003. 52 p.

SANTOS, L. D. *Descrição de Caso de Reutilização de Rejeitos Industriais*. São Paulo, 2002. 21 p.

TAKANO, C.; CAPOCCHI, J.T.; NASCIMENTO, R.C.; MOURÃO, M.B.; LENZ, G.; SANTOS, D.M. *A Reciclagem de Resíduos Siderúrgicos Sólidos* In: Seminário Nacional sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais. São Paulo, 2000. 13 p.

ZAMBRANO, A.P.; TAKANO, C.; NOGUEIRA, A.E.A.; MOURÃO, M.B. *Ferro-Cromo Alto Carbono a partir de Aglomerados Auto-Redutores: Efeito de Fe-Si*. In: Tecnologia em Metalurgia e Materiais. São Paulo, v.4, p.42-47, 2007.

Site do CONAMA: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm>

Site da FEPAM: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/rsi.asp>

Anexo I – Laudo de Briquete Cr-Ni



Data Impressão: 20/11/2010 10:28:34

RELATÓRIO DE ENSAIO:RE XXX / 2010

Cliente:	RENOVA RECICLAGEM DE SUCATAS METÁLICAS E RES. IND.LTDA
Identificação:	BRIQUETE AÇO VALVULA CR-NI 20/10/2010
Data Emissão:	8/11/2010

Ensaio em Amostra Tal Qual

Parâmetros	L.D.M.	Resultados	Metodologia
Óleo Graxas	0,001	N.E	SM 21 5520 E
Teor de Voláteis a 105°C	0,001	N.E	NBR 10664

- Teor de Voláteis a 105 °C: Refere-se ao Teor de Água e Outros Compostos Voláteis a essa Temperatura;

Ensaio em Previamente Seca à 105 °C

Parâmetros	L.D.M.	Resultados	Metodologia
Teor de Voláteis a 550°C	0,001	N.E	NBR 10664

- Teor de Voláteis a 550 °C: Refere-se à Materiais Voláteis a essa Temperatura;

Ensaio em Amostra Calcinaada 550°C

Parâmetros	L.D.M. %	Resultados Analíticos	Metodologia Aplicada
Alumínio	0,07	0,30	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cálcio	0,06	1,81	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cobalto	0,02	N.D	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cromo	0,02	10,72	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Ferro	0,1	50,71	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Manganês	0,01	2,29	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Molibdênio	0,06	0,09	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Níquel	0,09	10,33	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Vanádio	0,01	N.D	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Tungstênio	0,01	1,36	-
Zinco	0,01	N.D	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Fósforo	0,01	N.E	ASTM E 350-95
Carbono	0,01	N.E	LECO CS - 125 - I.S.O 15350:2000
Enxofre	0,01	N.E	LECO CS - 125 - I.S.O 15350:2001
Oxigênio Total	0,01	N.E	LECO TC600 - I.S.O 15351:1999 E
Silício	0,01	N.E	ASTM E 415
Ferro Metálico	0,01	N.E	-

- L.D.M.: Limite de Detecção do Metodo; ND.: Não Detectado; NE.: Não Estabelecido;



XXXXXXX
QUÍMICA RESPONSÁVEL
CRQ N° XXX - 4ª Região

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Nota: Os resultados referem-se somente à amostra analisada

Anexo II – Laudo de Briquete de Carepa



Av Renova 420 Jd. Fazenda Rincão,
Arujá – São Paulo CEP 07400-000
Fone: 55 (11) 4654-2740
www.renovalaboratorios.com.br

RELATORIO DE ENSAIO: RE XXX 01/2009

CLIENTE	XXXX		
RESÍDUO	Briquete de Carepa de Ferro		
DATA EMISSÃO DO RELATÓRIO	22/7/2009		
NF CLIENTE	DATA EMISSÃO		
NF RENOVA	DATA FRETE		

Ensaio em Amostra Tal Qual;

Parâmetros	L. D. M. %	Resultados Analíticos %	Metodologia Aplicada
Óleo Graxas	0,001	NE	SM 21 5520 E
Teor de Voláteis a 105°C	0,001	NE	NBR 10664

* Teor de Voláteis a 105 °C: Refere-se ao Teor de Água e Outros Compostos Voláteis a essa Temperatura;

Ensaio em Amostra Préviamente Seca à 105°C

Parâmetros	L. D. M. %	Resultados Analíticos %	Metodologia Aplicada
Teor de Voláteis a 550°C	0,001	NE	NBR 10664

* Teor de Voláteis a 550 °C: Refere-se a Materiais Voláteis a essa Temperatura;



Av Renova 420 Jd. Fazenda Rincão,
Arujá – São Paulo CEP 07400-000
Fone: 55 (11) 4654-2740
www.renovalaboratorios.com.br

Ensaio em Amostra Calcinação 550 °C;


Parâmetros	L. D. M. %	Resultados Analíticos %	Metodologia Aplicada
Alumínio	0,07	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Cálcio	0,06	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Cobalto	0,02	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Cromo	0,1	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Ferro	0,1	56,85	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Manganês	0,01	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Molibdênio	0,06	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Níquel	0,09	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Vanádio	0,01	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Tungstênio	0,01	NE	EPA 3060 B / SM 21 3120 B
Zinco	0,01	NE	ASTM E 416
Silício	0,01	NE	ASTM E 250-95
Fósforo	0,01	ND	LECO CS-125 - I.S.O 15350: 2000
Carbono	0,001	10,55	LECO CS-125 - I.S.O 15350: 2001
Enxofre	0,001	ND	LECO CS-125 - I.S.O 15350: 2001
Oxigênio Total	0,001	28,2	LECO TC800 - I.S.O 15351-1999 E

L.D.M.: Limite de Detecção do Método; ND: Não Detectado; NE: Não Estabelecido

XXXXXXXXXXXXXX
Química Responsável
CRQ Nº XXXXX: – 4ª Região

Nota: Os resultados referem-se somente à amostra analisada.
Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Anexo III – Laudo de Briquete de Pó de Jateamento



Data impressão 22/11/2010 13:33:53

RELATÓRIO DE ENSAIO: RE XXX / 2010

Cliente:	RENOVA RECICLAGEM DE SUCATAS METALICAS E RES. IND.LTDA
Identificação:	BRIQUETES PJR 80 LOTE 18/11/2010
Data Emissão:	19/11/2010

Ensaio em Amostra Tal Qual

Parâmetros	L.D.M.	Resultados	Metodologia
Óleo Graxas	0,001	N.E	SM 21 5520 E
Teor de Voláteis a 105°C	0,001	N.E	NBR 10664

- Teor de Voláteis a 105 °C: Refere-se ao Teor de Água e Outros Compostos Voláteis a essa Temperatura;

Ensaio em Previamente Seca à 105 °C


Parâmetros	L.D.M.	Resultados	Metodologia
Teor de Voláteis a 550°C	0,001	N.E	NBR 10664

- Teor de Voláteis a 550 °C: Refere-se à Materiais Voláteis a essa Temperatura;

Ensaio em Amostra Calcinação 550°C

Parâmetros	L.D.M. %	Resultados Analíticos	Metodologia Aplicada
Alumínio	0,07	0,06	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cálcio	0,06	1,84	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cobalto	0,02	N.D	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cromo	0,02	0,43	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Ferro	0,1	83,34	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Manganês	0,01	0,52	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Molibdênio	0,06	0,72	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Níquel	0,09	0,29	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Vanádio	0,01	0,17	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Tungstênio	0,01	0,69	-
Zinco	0,01	N.D	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Fósforo	0,01	N.E	ASTM E 350-95
Carbono	0,01	N.E	LECO CS - 125 - I.S.O 15350.2000
Enxofre	0,01	N.E	LECO CS - 125 - I.S.O 15350.2001
Oxigênio Total	0,01	N.E	LECO TC600 - I.S.O 15351:1999 E
Silício	0,01	N.E	ASTM E 415
Ferro Metálico	0,01	N.E	-

- L.D.M.: Limite de Detecção do Metodo; ND.: Não Detectado; NE.: Não Estabelecido;



XXXXXXXX
 QUÍMICA RESPONSÁVEL
 CRQ N° **XXX** - 4ª Região

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.
 Nota: Os resultados referem-se somente à amostra analisada

Anexo IV – Laudo de Briquete de Borra de Retífica



Data Impressão 22/11/2010 13:30:48

RELATÓRIO DE ENSAIO:RE XXX / 2010

Cliente:	RENOVA RECICLAGEM DE SUCATAS METALICAS E RES. IND.LTDA
Identificação:	BRIQUETE DE FERRO BRR70 LOTE 09.11.10
Data Emissão:	12/11/2010

Ensaio em Amostra Tal Qual

Parâmetros	L.D.M.	Resultados	Metodologia
Óleo Graxas	0,001	1,52	SM 21 5520 E
Teor de Voláteis a 105°C	0,001	1,30	NBR 10664

- Teor de Voláteis a 105 °C: Refere-se ao Teor de Água e Outros Compostos Voláteis a essa Temperatura;

Ensaio em Previamente Seca à 105 °C

Parâmetros	L.D.M.	Resultados	Metodologia
Teor de Voláteis a 550°C	0,001	N.E	NBR 10664

- Teor de Voláteis a 550 °C: Refere-se à Materiais Voláteis a essa Temperatura;

Ensaio em Amostra Calcinaada 550°C

Parâmetros	L.D.M. %	Resultados Analíticos	Metodologia Aplicada
Alumínio	0,07	0,28	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cálcio	0,06	1,48	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cobalto	0,02	0,09	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Cromo	0,02	1,19	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Ferro	0,1	66,91	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Manganês	0,01	0,44	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Molibdênio	0,06	N.D	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Níquel	0,09	0,37	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Vanádio	0,01	N.D	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Tungstênio	0,01	0,22	-
Zinco	0,01	N.D	EPA 3050 B / SM 21 3120 B
Fósforo	0,01	N.E	ASTM E 350-95
Carbono	0,01	N.E	LECO CS - 125 - I.S.O 15350:2000
Enxofre	0,01	N.E	LECO CS - 125 - I.S.O 15350:2001
Oxigênio Total	0,01	N.E	LECO TC600 - I.S.O 15351:1999 E
Silício	0,01	N.E	ASTM E 415
Ferro Metálico	0,01	N.E	-

- L.D.M.: Limite de Detecção do Metodo; ND.; Não Detectado; NE.: Não Estabelecido;



XXXXXXX
QUÍMICA RESPONSÁVEL
CRQ N° XXX - 4ª Região

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Nota: Os resultados referem-se somente à amostra analisada