

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

SIDCLÉA SOUSA DE FREITAS

BENEFÍCIOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DO COPROCESSAMENTO DE PNEUS
INSERVÍVEIS. ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB

João Pessoa - PB
2010

SIDCLÉA SOUSA DE FREITAS

BENEFÍCIOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DO COPROCESSAMENTO DE PNEUS
INSERVÍVEIS. ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental; Universidade Federal da Paraíba – UFPB; Área de Concentração: Saneamento Ambiental.

Orientador:

Prof. Dr. Claudia Coutinho Nóbrega

João Pessoa - PB
2010

F866b Freitas, Sidcléa Sousa de.

Benefícios sociais e ambientais do coprocessamento de pneus inservíveis: estudo de caso na cidade de João Pessoa-PB / Sidcléa Sousa de Freitas. - - João Pessoa : [s.n.], 2010.

92 f. il.

Orientadora: Claudia Coutinho Nóbrega.

Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT.

1.Resíduos. 2.Pneus inservíveis-Reutilização. 3.Coprocessamento. 4.Emissões atmosféricas.

UFPB/BC

CDU:628.4(043)

**"BENEFÍCIOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DO COPROCESSAMENTO DE
PNEUS INSERVÍVEIS. ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE JOÃO
PESSOA - PB"**

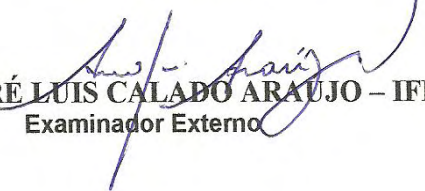
SIDCLÉA SOUSA DE FREITAS

Dissertação aprovada em 30 de setembro de 2010

Período Letivo: 2010.2


Prof.^a Dr.^a CLAUDIA COUTINHO NOBREGA – UFPB
Orientador


Prof. Dr. CARMEM LÚCIA MOREIRA GADELHA – UFPB
Examinador Interno


Prof. Dr. ANDRÉ LUIS CALADO ARAÚJO – IFRN
Examinador Externo

**João Pessoa-PB
2010**

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha mãe, Maria do Socorro, que através de seu amor incondicional me fez chegar até aqui.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus que me deu capacidade para vencer os desafios que a vida oferece.

Ao meu pai, Sebastião Ramos, e meus irmãos, Sérgio e Sidney, que acreditaram na conclusão deste desafio.

Ao meu esposo, Jether James, pela dedicação, incentivo e apoio em todos os momentos, tornando este trabalho possível.

A minha orientadora, Dra. Claudia Coutinho Nóbrega pelos ensinamentos, compreensão e grande colaboração, que foram essenciais para este trabalho.

Aos primos Fábio e Scott pela ajuda com a língua inglesa.

A todos os amigos da CIMPOR e aqueles que ganhei ao longo desta caminhada, em especial Déborah e Beethania, que sempre souberam entender minhas ausências.

A CIMPOR Cimentos do Brasil, pela chance de desenvolver este estudo, impulsionando meu desenvolvimento intelectual e profissional.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

(Chico Xavier)

RESUMO

O pneu inservível é um resíduo que deve ser gerido corretamente até sua disposição final e, deve ser coletado e armazenado adequadamente, pois quando disposto inadequadamente tanto pode causar danos ao meio ambiente quanto à saúde pública. Em João Pessoa foi iniciado, em março de 2005, o Programa Nordeste Rodando Limpo através da parceria entre empresas privadas, que consiste na realização de coleta e destinação final dos pneus inservíveis para utilização nos fornos de fabricação de clínquer, fazendo com que estes passem a ter valor no mercado de resíduos. O estudo foi desenvolvido na Fábrica da CIMPOR localizada na cidade de João Pessoa e tem por objetivo fazer uma análise sobre os principais benefícios da utilização de pneus inservíveis no coprocessamento no forno de clínquer. A metodologia utilizada foi baseada na avaliação qualitativa dos benefícios gerados a saúde pública e quantitativa dos ganhos sociais gerados aos catadores, identificando ganhos com a coleta dos pneus, mensurando o aumento da renda dos mesmos. O referido trabalho também verificou as emissões atmosféricas do coprocessamento e as emissões evitadas de CO₂ no transporte do coque de petróleo, além da economia de custos envolvidos com o coprocessamento.

Os resultados obtidos confirmaram os benefícios ambientais e sociais no coprocessamento, sendo possível a retirada de 26.568,90 toneladas de pneus inservíveis que estavam depositados no estado da Paraíba e em estados vizinhos, além da criação automática de um mecanismo de coleta pela sociedade, que possibilitou ganhos econômicos da ordem de R\$ 2 milhões de reais aos catadores, melhorando assim, sua qualidade de vida. Verificou-se também um gradativo aumento da utilização de pneus inservíveis, implicando em um menor consumo de combustíveis não-renováveis, minimizando emissões atmosféricas e evitando níveis de emissões de CO₂, devido ao menor volume de coque transportado, resultando também, na minimização dos custos de produção.

Palavras-chave: Coprocessamento, emissões atmosféricas, pneus inservíveis, reutilização.

ABSTRACT

The useless tire is a residue that must be managed correctly until its final disposal as well as its collection and storage must be done adequately. Therefore, if it is inadequately disposed of, it can cause damages to the environment and to public health. In March 2005 the city of João Pessoa, initiated a program called “Programa Nordeste Rodando Limpo” - Northeastern Program of Clean Twirling - through the partnership between private companies, which consisted of the collection and final destination of the useless tires to be used in the ovens to produce clinker, providing a market value to these residues. This research was developed at CIMPOR, a cement plant located in the city of João Pessoa and has as its objective to make an analysis of the main benefits of the use of these tires during the co-processing step inside the clinker oven. The methodology applied in this study were based on the qualitative evaluation of the generated benefits to public health and the quantitative social profits generated to the recycling workers and identifying profits with the collection of the tires as well as the increasing of the these workers’ income. The same research also verified that the co-processing atmospheric emissions and CO₂ emissions were prevented during the transportation of the Petroleum coke. This also lessened the involved costs with this process. In all cases, the final results had confirmed the existence of environmental and social benefits in the use of the co-processing system, making possible the withdrawal of 26.568, 90 tons of useless tires that were deposited in the State of Paraíba. Consequently, in neighboring states, it was also verified the automatic creation of a mechanism of collection by the society that made possible economic profits of an estimated R\$ 2 million reais to the recycling workers improving their quality of life. Another important data observed in the same study was a gradual increase of the use of useless tires, implying in a lesser consumption of non renewable fuel and the minimization of atmospheric emissions which prevents high levels of CO₂ emissions, generally caused by the lesser volume of Petroleum coke produced, also resulting, in the decrease of the production costs.

Key words: Co-processing, atmospheric emissions, useless tires, reutilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhe da estrutura do pneu	17
Figura 2 - Cadeia de reposição dos pneus	22
Figura 3 - Possíveis destinos dos pneus usados e inservíveis	22
Figura 4 - Casos notificados de dengue no Brasil (1990 a 2007)	26
Figura 5 - Evolução dos ecopontos no Brasil	30
Figura 6 - Borracha moída de pneus inservíveis	33
Figura 7 - Pontos de alimentação de resíduos no forno de clínquer	36
Figura 8 - Fábricas de cimento instaladas no Brasil	37
Figura 9 - Evolução do coprocessamento no Brasil (1999 a 2008)	38
Figura 10 - Esquema ilustrativo de um filtro de mangas	42
Figura 11 - Distribuição de emissões de CO ₂ na produção de cimento	43
Figura 12 - Evolução das adições comparadas a produção de clínquer e cimento	44
Figura 13 - Descrição simplificada do processo de fabricação de cimento	50
Figura 14 - Utilização de coque de Petróleo no mundo	51
Figura 15 - Quantidade de coque movimentada no porto de Cabedelo	52
Figura 16 - Equipamento utilizado para picagem de pneus na CIMPOR	57
Figura 17 - Pneus picados para coprocessamento	57
Figura 18 - Correia transportadora de resíduos	57
Figura 19 - Galpão de resíduos para coprocessamento	58
Figura 20 - Moegas para alimentação de resíduos	58
Figura 21 - Elevador para dosagem de pneus inteiros	59
Figura 22 - Base do elevador para dosagem de pneus inteiros	59
Figura 23 - Rampa do sistema de dosagem de pneus inteiros	60
Figura 24 - Inserção do pneu inteiro no forno	60
Figura 25 - Distribuição da faixa etária dos catadores de pneus (em anos)	64
Figura 26 - Distribuição de escolaridade dos catadores de pneus (grau de ensino)	64
Figura 27 - Local de origem dos catadores de pneus	65
Figura 28 - Renda mensal dos catadores de pneus (em Reais)	66
Figura 29 - Quantidade de pneus entregue mensalmente a CIMPOR	67
Figura 30 - Número de casos e internações de dengue na Paraíba	69
Figura 31 - Emissões atmosféricas de Material Particulado	73

Figura 32 - Emissões atmosféricas de NO _x e SO _x	73
Figura 33 - Emissões atmosféricas de Metais	74
Figura 34 - Emissões atmosféricas de Metais por tipo	75
Figura 35 - Emissões atmosféricas de Dioxinas e Furanos	75
Figura 36 - Filtro de mangas - resfriador de clínquer	77
Figura 37 - Filtro de mangas - moagem de cru/forno	77
Figura 38 - Percentual de substituição térmica (Ano 2006)	82
Figura 39 - Percentual de substituição térmica (Ano 2007)	82
Figura 40 - Percentual de substituição térmica (Ano 2008)	82
Figura 41 - Percentual de substituição térmica (Ano 2009)	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição de produção de pneus por categoria	19
Quadro 2 - Contagem da população no Estado da Paraíba no ano de 2007	21
Quadro 3 - Comparação das tecnologias de destinação final de pneus	28
Quadro 4 - Principais resíduos coprocessados pela indústria de cimento	38
Quadro 5 - Principais fontes de poluição e principais poluentes	39
Quadro 6 - Limites máximos de emissão para coprocessamento de resíduos	40
Quadro 7 - Efeitos dos metais na saúde humana	47
Quadro 8 - Intertravamento do sistema de adição de resíduos	55
Quadro 9 - Características dos combustíveis	71
Quadro 10 - Dados dos veículos que transportam o coque de Petróleo	78
Quadro 11 - Fator de emissão de CO ₂ para veículos a diesel	80
Quadro 12 - Cálculo das emissões de poluentes para cada tipo de veículo	80
Quadro 13 - Características dos combustíveis utilizados na CIMPOR	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de pneus coletados pelo Programa Nordeste Rodando Limpo	68
Tabela 2 - Consumo de combustíveis não-renováveis	72
Tabela 3 - Características da economia de coque de petróleo com a utilização de pneus inservíveis	83

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Pneus	16
2.2	Estrutura do pneu	16
2.3	Descarte dos pneus inservíveis	17
2.4	A problemática dos pneus inservíveis	18
2.5	Cadeia de destinação dos pneus	21
2.6	Catadores de resíduos	23
2.7	Doenças veiculadas ao descarte inadequado de pneus (dengue)	24
2.8	Leis, decretos e regulamentações ambientais: pneus inservíveis no Brasil	26
2.9	Aplicações para os pneus usados	29
2.9.1	Recauchutagem	31
2.9.2	Remoldagem	31
2.9.3	Aplicação em asfalto	32
2.9.4	Regeneração da borracha	34
2.9.5	Pirólise de pneus com xisto	34
2.10	Coprocessamento de resíduos	35
2.10.1	Emissões atmosféricas	38
2.10.1.1	Material Particulado(MP)	41
2.10.1.2	Dióxido de Carbono (CO ₂)	43
2.10.1.3	Dióxido de Enxofre (SO ₂)	45
2.10.1.4	Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	45
2.10.1.5	Metais	46
2.10.1.6	Outros Poluentes	47
2.11	Cimento Portland	48
2.11.1	Descrição do processo de fabricação	49
2.11.2	Combustível principal - coque de petróleo	50
2.11.3	O Coque de petróleo na Paraíba	51
2.12	Utilização de pneus inservíveis na substituição do de combustíveis fosseis	53
2.13	Coprocessamento de pneus inservíveis em João Pessoa	54
2.13.1	Operação de alimentação de pneus no coprocessamento	54
2.13.1.1	Pneus picados	56
2.13.1.2	Pneus inteiros	58
2.14	Programa Nordeste Rodando Limpo	60
3	METODOLOGIA	61
4	ANÁLISES E DISCUSSÕES	63
4.1	Perfil dos catadores de resíduos em João Pessoa	63
4.2	Benefícios sociais	67

4.2.1	Renda dos catadores de pneus	67
4.2.2	Benefícios a saúde pública	69
4.3	Benefícios ambientais	71
4.3.1	Economia de combustíveis fósseis	71
4.3.2	Emissões atmosféricas geradas	72
4.3.1.1	Fontes fixas	72
4.3.2.2	Fontes móveis	78
4.4	Viabilidade econômica	80
5	CONCLUSÃO	84
6	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICES	91

1. INTRODUÇÃO

Com a mudança de hábitos da população, uma gama de novos produtos é fabricada objetivando o aumento do conforto e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade de vida. Porém, ao mesmo tempo, novos resíduos são produzidos, e se não ocorrer um tratamento adequado para os mesmos, podem acarretar grandes passivos ambientais.

O conceito de passivo ambiental refere-se à obrigação gerada devido às ações passadas que de alguma forma geraram degradação e que envolvem investimentos para extinção ou minimização dos danos causados. O agente causador é responsável e obrigado a reparar o dano. Conseqüentemente, a sociedade responsabiliza e impõe penalidades para quem degrada o meio ambiente (MOTTA, 2008).

Quando não tratados de forma adequada, os pneus inservíveis tornam-se um perigoso passivo ambiental, provocando sérios danos de ordem ambiental, social e de saúde pública. São de difícil decomposição e ocupam espaço considerável no armazenamento, acarretando graves problemas na sua gestão. Estão presentes em todas as cidades brasileiras e são de difícil destinação final.

As alternativas mais utilizadas para a destinação dos pneus inservíveis podem ser classificadas como: reforma, laminação, regeneração e transformação de borracha, assim como geração de energia, que é denominado de coprocessamento. Além das alternativas existentes, vários estudos vêm sendo realizados na busca de novas soluções para a destinação dos pneus.

O coprocessamento de resíduos é uma técnica que consegue destruir grandes quantidades de resíduos industriais de maneira responsável e definitiva, que, além da destinação dos resíduos, permite, ainda que parcialmente, reduzir o uso de combustíveis ou matérias-primas tradicionais não-renováveis na fabricação do cimento. A solução de destinação de resíduos através do coprocessamento vem sendo adotada por países desenvolvidos desde a década de 1970 e desde então, vem está sendo difundida e utilizada em todo o mundo. De acordo com Cavalcanti (1996), as atividades de coprocessamento de resíduos no Brasil foram iniciadas na década de 1990, no Estado de São Paulo

Existem atualmente 65 fábricas de cimento instaladas no Brasil, sendo que 35 estão licenciadas pelos órgãos ambientais para coprocessar resíduos, possuindo uma capacidade

potencial de destruição de 2,5 milhões de toneladas de resíduos com composições diversas. A utilização desses resíduos como combustível alternativo já representa uma substituição de 15% de combustíveis fósseis não-renováveis (SNIC, 2010).

Para que o coprocessamento possa ser realizado, o resíduo deve estar disponível nas unidades de fabricação de cimento. Porém, como um dos principais problemas para a destinação final dos pneus inservíveis é a realização de um processo de coleta eficaz, uma vez que, normalmente, os mesmos não estão inseridos como item na gestão de resíduos sólidos. Algumas ações vêm sendo realizadas neste sentido, conseguindo aliar benefícios ao meio ambiente, saúde pública e sociedade. Uma delas é o Programa Nordeste Rodando Limpo, que consiste na coleta dos pneus inservíveis do meio ambiente através dos catadores, gerando renda aos mesmos, através da incorporação deste resíduo a sua rotina de coleta. Por sua vez, os mesmos são remunerados pelas indústrias cimenteiras, gerando assim, um incremento na renda e uma, conseqüente, melhoria em sua qualidade de vida. Desta forma, foram avaliados os benefícios ambientais e sociais do coprocessamento de pneus inservíveis no período de março de 2005 a dezembro de 2009.

O objetivo do trabalho foi mensurando os ganhos ambientais e sociais do coprocessamento de pneus inservíveis no forno de fabricação de clínquer em João Pessoa/PB – Brasil, verificando os ganhos econômicos e o perfil dos catadores que desenvolvem a venda dos pneus inservíveis. Além de evidenciar junto a Secretaria de Saúde da Paraíba, após o início de coleta dos pneus, como evoluiu o combate a dengue e por fim, quantificar os ganhos ambientais relativos à utilização dos pneus inservíveis como substituinte energético.

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos, incluindo esta introdução como primeiro capítulo, o segundo apresenta uma sucinta revisão literária. O terceiro capítulo descreve a metodologia empregada nesta pesquisa. O quarto apresenta as análises e discussões dos resultados; por fim, no quinto capítulo estão contidas as conclusões do presente estudo. Após este último capítulo, destacam-se as referências utilizadas nesta pesquisa, seguida de apêndices.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pneus

No ano de 1839, o norte-americano Charles Goodyear revolucionou o mundo quando descobriu por acaso o tratamento da borracha natural (vulcanização), na qual a mistura de borracha com enxofre que, ao ser derramado ao fogo quente, ficava mais elástica e, percebeu que a borracha carbonizada, mesmo depois de congelada. Entre as suas potencialidades industriais, além de ser mais resistente e durável, a borracha absorve melhor o impacto das rodas com o solo, tornando o transporte mais prático e confortável. Atualmente, a maior parte dos pneus é feito com aproximadamente 10% de borracha natural, 30% de borracha sintética e 60% de aço e tecidos, que servem para fortalecer a estrutura do pneu.

A produção brasileira de pneus foi iniciada em 1934, quando foi implantado o Plano Geral de Viação Nacional. No entanto, a concretização desse plano aconteceu em 1936 com a instalação da Companhia Brasileira de Artefatos de Borracha – mais conhecida como Pneus Brasil – no Rio de Janeiro, que em seu primeiro ano de vida fabricou mais de 29 mil pneus. Segundo o Compromisso Empresarial para a Reciclagem, os pneus e câmaras de ar consomem cerca de 70% da produção nacional de borracha (CEMPRE, 2000).

Existem dois tipos de pneus, o radial e o diagonal – o radial possui em sua estrutura interna, aço, que dificulta o processo de reciclagem. O tipo diagonal tem uma estrutura interna à base de tecidos, sendo bem mais fácil de reciclar.

2.2 Estrutura do pneu

Um pneu é construído basicamente com uma mistura de borracha natural e de elastômeros (polímeros com propriedades físicas semelhantes às da borracha natural), também chamados de borrachas sintéticas. A adição de negro de fumo confere à borracha propriedades de resistência mecânica e à ação dos raios ultravioleta, durabilidade e desempenho. A mistura é estendida num molde e a vulcanização é realizada a temperaturas entre 120 - 160 °C.

Utilizam-se compostos de zinco como acelerador e outros compostos ativadores e antioxidantes. O que caracteriza um pneu diagonal de um radial é a forma como a carcaça está disposta. Nos pneus diagonais um fio de aço é embutido no talão, que se ajusta ao aro da roda e, nos pneus de automóveis do tipo radial, uma manta de tecido de nylon reforça a carcaça e a mistura de borracha/elastômeros é estendida, com uma malha de arame de aço entrelaçada nas camadas superiores (Figura 1). Apesar de mais caros os pneus radiais possuem maior resistência e eficiência que os pneus diagonais.

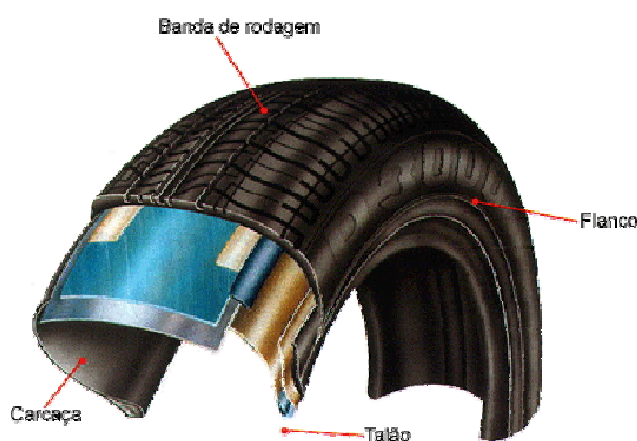


Figura 1: Detalhe da estrutura do pneu
Fonte: ANDRECERBERUS (2010)

2.3 Descarte dos pneus inservíveis

Os pneus inservíveis ocupam espaço físico considerável e exigem grandes esforços na sua coleta e eliminação. É composto basicamente pela banda de rodagem e aro de aço, composta por óxidos de zinco e ferro. É um produto de fácil combustão devido à composição química e alto poder calorífico, sua queima a céu aberto constitui atividade altamente poluidora, proibida no Brasil e em grande parte dos países do mundo.

Quando descartados nos cursos de água, os pneus obstruem canais, córregos e galerias de águas pluviais, comprometendo o escoamento nesses corpos hídricos receptores,

contribuindo para as inundações, comuns nos centros urbanos brasileiros, ocasionando grandes prejuízos para a população e para a administração pública.

O armazenamento e o transporte dos pneus é um processo caro e de difícil realização, devido ao seu peso e volume. Quando compactados e enterrados inteiros tendem a voltar à sua forma original e acabam retornando à superfície, causando uma movimentação no solo do aterro e quando acumulados a céu aberto, apresentam uma grande ameaça ao meio ambiente devido ao risco de contaminação do ar, do solo e do lençol freático em casos de incêndio (GOMES, 1993).

Quando expostos à chuva, os pneus funcionam como incubadoras para larvas de mosquitos que se reproduzem em água parada, contribuindo, dessa forma, para a proliferação de doenças, como a dengue.

Na maioria das cidades, o poder público municipal proíbe a entrada dos pneus nos aterros, eximindo-se da responsabilidade de coletar e armazenar adequadamente esses resíduos e contribuindo para a disposição ilegal em terrenos baldios, rios entre outros.

No Estado de São Paulo existem resoluções específicas que estabelecem a disposição final de pneus em aterros sanitários condicionada cumulativamente, à:

- Prévia descaracterização do pneu, mediante tritura ou retalhamento do qual resultem apenas partes insuscetíveis de acumular águas ou outros líquidos.
- Prévia mistura dessas partes com os resíduos domiciliares ou ao seu espalhamento sobre estes, de forma a haver proporcionalidade entre ambos os resíduos, para a garantia da estabilidade do aterro.

Porém, a disposição de pneus em aterros sanitários é uma solução paliativa, que não consegue resolver o problema, além de que os aterros sanitários atualmente mal possuem espaço para os resíduos domiciliares.

2.4 A problemática dos pneus inservíveis

Um passivo ambiental é o resultado da produção industrial sem considerar as conseqüências de sua atividade para com o ambiente ou da disposição descontrolada de seus produtos. Desta forma, o pneu é considerado um dos maiores passivos ambientais existentes, logo, seu armazenamento e destinação no final de sua vida útil é imperativo.

Mesmo classificado como sendo um resíduo classe II B (material inerte) pela NBR 10004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), não possuindo metais pesados em sua composição, e não sendo solúvel em água, portanto, não sofre lixiviação, sua disposição requer um gerenciamento diferenciado.

Os riscos de epidemias que podem ser disseminadas através dos pneus inservíveis é uma constante preocupação para órgãos públicos, dentre elas está a Dengue. Para tanto, no município de São Paulo existe uma lei que determina multas para pessoas físicas e jurídicas que mantiverem focos de criação de mosquitos *Aedes aegypti* em residências, comércios e indústrias. Trata-se da Lei Municipal nº 13.264 de 02 de fevereiro de 2002, que dispõe sobre a instituição do Programa Municipal de Combate e Prevenção à Dengue.

No ano de 2009, a indústria brasileira de pneus produziu um total de 61,3 milhões de unidades, avaliadas em R\$ 9 bilhões, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sendo, que deste total, 53,8 milhões de unidades foram produzidas pelas oito empresas associadas à Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos, representando assim, o montante de 87% da produção total brasileira (ANIP, 2010).

A categoria onde se compreende a maior produção de pneus é a de automóveis, devido à grande frota distribuída em todo país. A produção referente ao ano de 2009 foi de 27,5 milhões de unidades, ou seja, quando for época do descarte irá gerar um grande volume para destinação. O peso médio de um pneu inservível de automóvel varia entre 5,5 e 7,0 kg, já o de caminhão possui em média peso entre 55 e 80 kg.

O Quadro 1 mostra a distribuição de produção de pneus por categoria.

Produção por Categoria	2006	2007	2008	2009
Caminhões/ônibus	6,9 milhões	7,3 milhões	7,3 milhões	6,0 milhões
Caminhonetes	5,9 milhões	6,0 milhões	5,8 milhões	5,6 milhões
Automóveis	28,9 milhões	28,8 milhões	29,6 milhões	27,5 milhões
Motos	11,4 milhões	13,8 milhões	15,2 milhões	11,8 milhões
Agricultura / Terraplanagem	688 mil	836,3 mil	903,2 mil	-
Veículos Industriais:	508 mil	469,0 mil	716,4 mil	963 mil
Aviões:	51,0 mil	61,0 mil	47,6 mil	41,8 mil

Quadro 1 - Distribuição de produção de pneus por categoria

Fonte: ANIP (2010)

Segundo o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, até o mês de abril de 2010, a frota de veículos no Brasil era de 61.014.812 unidades. A Paraíba possui 639.065 unidades, sendo as maiores contribuições: 46% de automóveis, 34,76 % de motocicletas e 6,50 % de caminhões. Já a cidade de João Pessoa contribui com 33,29% da frota total da Paraíba, com um total de 212.713 veículos (DENATRAN, 2010).

No início deste século havia em torno de 100 milhões de pneumáticos inservíveis abandonados no país, formando um grande passivo ambiental. Segundo previsão do autor, anualmente, soma-se a estes cerca de 17 milhões de unidades (ECHIMENCO, 2001).

Conforme descrito na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Nº 258/1999, é proibido descartar pneus inservíveis em aterros sanitários, uma vez que os mesmos absorvem gases gerados pela decomposição dos demais resíduos depositados no local e incham, podendo estourar, causando acidentes e prejudicando a cobertura do aterro.

Desde 2001 é proibido na Europa o descarte de pneus inservíveis inteiros em aterros sanitários. Em 2006 esta diretriz foi aplicada também aos pneus picados. A destinação anual de pneus picados em aterros na União Europeia é da ordem de 80 milhões de pneus. Desta forma, a União Europeia vem pressionando o Brasil para liberar a importação de pneus, pois seria uma forma de dar destinação aos pneus usados (MOTTA, 2008).

De acordo com a Resolução do CONAMA Nº 416/2009, fica estabelecido que os fabricantes e os importadores de pneus novos deverão implantar, nos municípios acima de 100.000 (cem mil) habitantes, pelo menos um ponto de coleta de pneus inservíveis devendo dar destinação adequada aos mesmos. Com estas medidas, o governo brasileiro delegou obrigações aos fabricantes e importadores, que devem ser acompanhadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Segundo a contagem da população dos municípios realizada pelo IBGE (2007) o Estado da Paraíba é composto por 223 municípios, dos quais, três deles possuem mais de cem mil (100.000) habitantes, logo, é necessária instalação de, no mínimo, 03 pontos de coleta para pneus inservíveis no referido estado, localizados nos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Santa Rita. O prazo máximo para implantação é de 01 ano após a publicação da Resolução supracitada, ou seja, a data limite foi 01/10/2010. No entanto, até o momento, nenhum ponto foi instalado.

O Quadro 2 mostra a contagem da população no Estado da Paraíba no ano de 2007.

Quantidade de habitantes	Nº Municípios	Total de habitantes
0 - 100.00	220	2.473119
> 100.000	3	1.168 276
Total de habitantes		3.641 395

Quadro 2 – Contagem da população no estado da Paraíba no ano de 2007

Fonte: IBGE (2007)

2.5 Cadeia de destinação dos pneus

Normalmente a cadeia de destinação dos pneus, conforme mostrado na Figura 2, é iniciada com a necessidade de reposição do produto. Deste ponto em diante o pneu pode percorrer caminhos distintos até sua destinação final. Ao retornar com o pneu usado para a residência, o consumidor pode vendê-lo aos sucateiros e catadores, porém, se o mesmo for inservível não pode ser reformado, o descarte torna-se mais difícil, pois, é um material que normalmente não possui valor de mercado, sendo proibido destiná-los em aterros sanitários. O retorno destes materiais para as residências ocorre com maior frequência nas periferias e em cidades de porte pequeno. Os pneus usados, dependendo de suas condições, podem ser repassados diretamente para o mercado de segunda mão, ou encaminhados para empresas que realizam reforma, retornando, posteriormente, ao mercado de reposição (MOTTA, 2008). Caso os mesmos sejam inservíveis, existem mecanismos em algumas cidades para recebê-los e destiná-los em sua grande maioria para indústrias que possam aproveitar seu potencial energético.

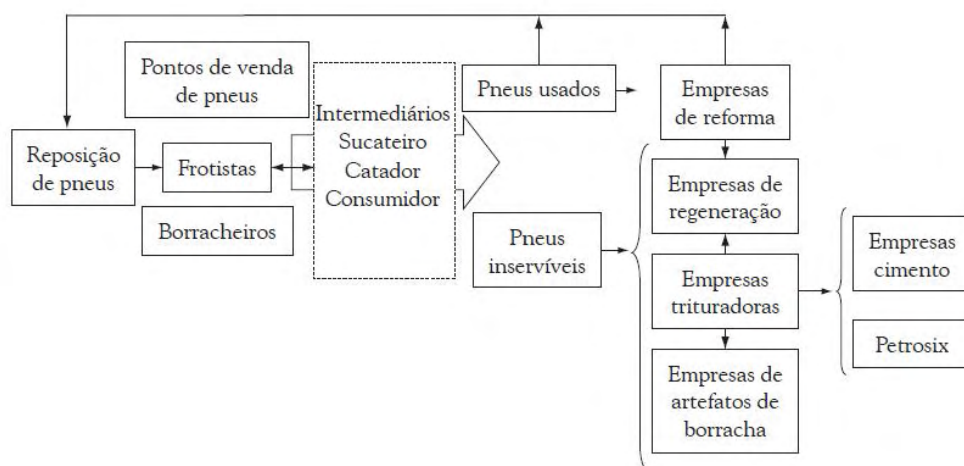


Figura 2: Cadeia de reposição dos pneus
 Fonte: FARIA (2006)

A reforma proporciona ao pneu usado, condições de retorno ao uso no mercado interno, porém, apenas uma única vez para pneus de automóvel de passeio e até três vezes para pneus de caminhão. Contudo, este retorno é bastante limitado, devido as péssimas condições para que geralmente os mesmos apresentam. A Figura 3 mostra os destinos possíveis para os pneus usados e inservíveis:

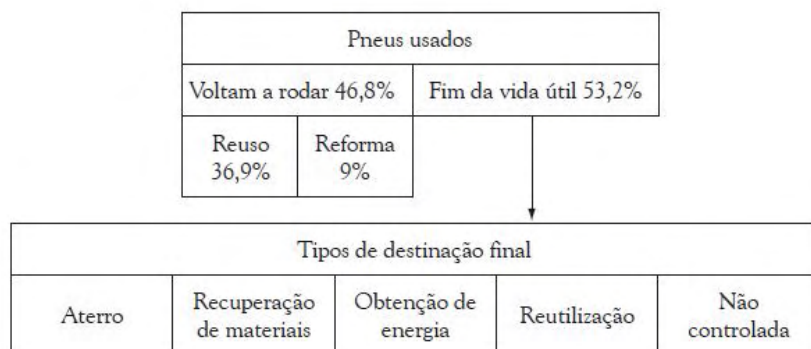


Figura 3: Possíveis destinos dos pneus usados e inservíveis
 Fonte: FARIA (2006)

2.6 Catadores de resíduos

É na informalidade que os catadores de resíduos encontram alternativa de emprego e renda, pois os mesmos fazem parte de um grupo que devido à condição social e baixa escolaridade, têm dificuldade de inserção no mercado de trabalho formal, porém desempenham um papel essencial na sociedade, atuando de maneira decisiva na redução de impactos ambientais diversos. A partir da década de 1980, os catadores começaram a se organizar em cooperativas ou associações, buscando pelo reconhecimento dessa atividade como profissão. No ano de 2003, o Governo Federal criou o comitê de inclusão social de catadores de lixo, para que fosse possível implantar projetos que visassem melhorar e garantir condições dignas aos mesmos.

Segundo Medeiros e Macedo (2006), estima-se que existam cerca de 500.000 (quinhentos mil) catadores de materiais recicláveis no Brasil, estando 2/3 deles no estado de São Paulo. Desta forma, a reciclagem de resíduos vem crescendo, mesmo que muitas vezes impulsionada pela ação reguladora dos Poderes Públicos.

Os benefícios dos programas de coleta de resíduos são verificados nas diferentes etapas da reciclagem. Pode-se citar agregação de valor ao produto, geração de novos empregos e viabilização da formação e sobrevivência de grupos de associados de catadores em diferentes níveis de organização. Contudo, é uma atividade bastante marcada pela precariedade em que o trabalho se efetiva. Porém, é necessário que os grupos estejam organizados, trazendo aos catadores a estruturação e organização do trabalho de maneira que a coleta, triagem e comercialização possam ser executadas a contento.

No Brasil, ainda há muito a ser feito em relação à deposição dos resíduos sólidos, dentre elas, a diminuição da geração de resíduos, ou seja, idéia da redução da geração na fonte, devido à afirmação que 75% das cidades brasileiras dispõem seus resíduos sólidos em lixões. Segundo Calderoni (2003), a cada tonelada de resíduos passíveis de reciclagem desviada da corrente de lixo, há uma economia de 16,12m³ quando disposto em aterro sanitário, volume no qual é possível dispor cinco toneladas de lixo orgânico.

No caso dos pneus inservíveis, que normalmente não estão na lista dos itens de coleta da grande maioria dos catadores, é em conjunto com empresas ou instituições públicas que se consegue garantir uma correta destinação final aos mesmos. De acordo com Ramos Filho (2005), no ano de 2004, ao ser iniciada a coleta de pneus inservíveis na cidade de Curitiba, a

mobilização dos catadores para a coleta de resíduos sólidos, organizados na forma de cooperativas, ocasionou um aumento na média de renda dessas pessoas em até dois salários mínimos, gerando-se também, postos de trabalho permanentes.

2.7 Doenças veiculadas ao descarte de pneus (dengue)

As primeiras referências à dengue no Brasil têm origem no período colonial. Em 1865 foi descrito o primeiro caso de dengue no Brasil, na cidade de Recife/PE. No início do século 20, em 1903, Oswaldo Cruz, implantou um programa de combate ao mosquito que se prolongou por anos, chegando a ser erradicado no Brasil na década de 1950, mas retornou, e na década de 1980, onde houve uma epidemia de dengue no estado de Roraima.

A dengue é um dos principais problemas de saúde pública no mundo. É uma doença infecciosa que atualmente apresenta variações do tipo 1,2 e 3 no território brasileiro. O tipo 4 ainda não foi encontrando no país, embora esteja presente na América do Sul. É transmitida pela picada do mosquito *Aedes aegypti* infectado com qualquer um dos quatro vírus da dengue. Ela ocorre em áreas tropicais e subtropicais do mundo. Os sintomas aparecem 3-14 dias após a picada infecciosa. Estima-se que em todo mundo que 50 a 100 milhões de pessoas se infectem anualmente, sendo que cerca de 550 mil doentes necessitam de hospitalização e 20 mil morrem em consequência da dengue (BRASIL, 2002).

No Brasil, os pneus são considerados os principais responsáveis pela propagação do vetor da dengue. As carcaças dispersas e acumuladas em locais impróprios contribuem, significativamente, para as epidemias da doença que atingiu o país nos últimos anos. De acordo com o Levantamento Rápido de Índices de Infestação Predial por *Aedes aegypti* - LIRAA realizado na Paraíba em 2007, foi possível verificar os principais tipos de criadouros do mosquito. A grande maioria (64,7%) foi encontrada em depósitos de água (caixas, tambores, tonéis, poços, etc.), 24,3% em depósitos domiciliares (vasos, pratos, bromélias, ralos, piscinas, etc.) e 11,0% lixo (resíduos sólidos) (BRASIL, 2007a).

As condições socioambientais são favoráveis à expansão do *Aedes aegypti* e possibilitaram a dispersão do vetor desde sua reintrodução até o avanço da doença. Por isso a mesma, não pôde ser controlada com os métodos tradicionalmente empregados no combate às doenças transmitidas por vetores em nosso país e no continente. Programas essencialmente

centrados no combate químico, com baixíssima, ou mesmo, nenhuma participação da comunidade e com pequena utilização do instrumental epidemiológico, mostraram-se incapazes de conter um vetor com altíssima capacidade de adaptação a novos ambientes, criado pela urbanização acelerada e pelos novos hábitos.

Tendo em vista que os mosquitos vetores da dengue são os mesmos da febre amarela, existe um temor, por parte das autoridades de saúde brasileiras, de que a multiplicação de depósitos de pneus usados nos grandes centros urbanos, possa levar a uma epidemia da febre amarela no Brasil, com as previsíveis conseqüências desastrosas para a saúde da população.

Conforme balanço de casos de dengue realizado pelo Ministério da Saúde, a região nordeste registrou 108.901 casos, representando 25% do total de casos notificados no país, no período de janeiro e julho de 2007. O estado do Ceará apresentou o maior número de casos (31.496), seguido por Pernambuco (26.597). Assim como nas outras regiões, existe um predomínio da transmissão em municípios com população inferior a 100.000 habitantes. Esta região engloba grandes centros urbanos do país e que, considerando o grande número de pessoas expostas, tiveram baixo registro de casos de dengue, destacando-se Salvador e Recife, com 942 e 785 casos respectivamente. Os municípios com maior registro de notificações foram Fortaleza/CE, com 11.814 casos e taxa de incidência de 480,5 casos por 100.000 habitantes e Caruaru/PE, com 6.905 casos e taxa de incidência de 2.400,8 casos por 100.000 habitantes (BRASIL, 2007b).

A Figura 4 mostra os casos notificados de dengue na região Nordeste, no período de 1990 a 2009.

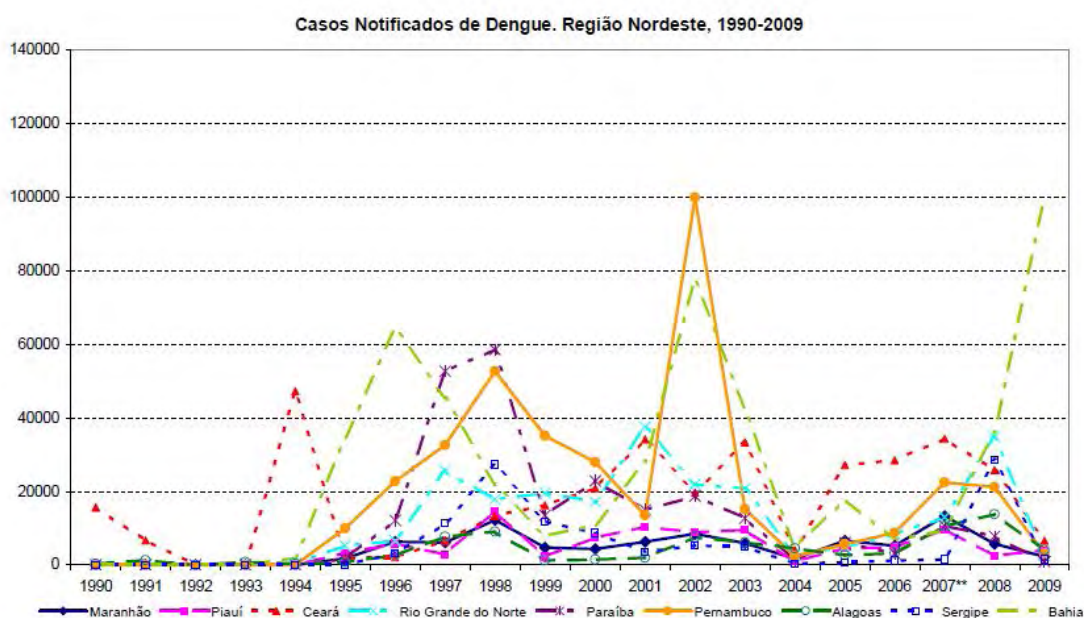


Figura 4: Casos notificados de dengue no Brasil (1990-2007)

Fonte: BRASIL (2010)

De acordo com RADIS (2008), foi realizada uma pesquisa na cidade de Goiânia/GO no ano de 2005, onde foram estimados os custos médios para o tratamento da dengue. Para atendimento ambulatorial, o custo por episódio de dengue foi US\$ 315/pessoa, sendo 83% de custos indiretos (dias perdidos de escola ou trabalho, transporte, etc.) e apenas 17% de custos médicos diretos. Em se tratando de internação, o valor sobe para US\$ 696/pessoa, sendo 48,8% de custos médicos diretos e 51,2% de indiretos. Em ambos os casos, o maior gasto é apontado no serviço público, seguindo-se do particular, apesar de se seguirem as mesmas recomendações do Ministério da Saúde. O custo total relativo ao ano de 2005 com a dengue foi de US\$ 4 milhões.

2.8 Leis, decretos e regulamentações ambientais: pneus inservíveis no Brasil

A Resolução N.º 258/99, do CONAMA, determina responsabilidades, prazos e quantidades para a coleta, reciclagem e destino final para os pneus inservíveis existentes no território nacional. A medida foi tomada como uma tentativa de controlar o passivo ambiental,

representado pelo acúmulo de pneus no meio ambiente. Esta Resolução se aplica a pneus novos de todos os tipos, de bicicleta aos de avião, fabricados no Brasil ou importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados. Com isto, deu-se impulso a vários projetos de reciclagem de pneus, cujos resíduos são aproveitados como matéria-prima, fonte de energia, na pavimentação de ruas, na construção civil, na produção de combustíveis, etc. Os pneus inservíveis existentes no território nacional deverão ser coletados e direcionados a depósitos temporários, onde aguardarão uma destinação final ambientalmente adequada, através de processos de reciclagem. A referida legislação impôs, a partir de 2002, a obrigatoriedade de destinar corretamente um pneu inservível para cada quatro novos produzidos, importados ou até mesmo reformados. A cada ano, a obrigatoriedade foi crescendo, até chegar a cinco pneus para cada quatro pneus reformados a partir de 2005.

No ano de 2009, a publicação da Resolução Nº 416/2009 do CONAMA, revogou as Resoluções Nº 258, de 26 de agosto de 1999, e Nº 301, de 21 de março de 2002, que dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada. A destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis envolve: procedimentos técnicos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial, e que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outra técnica admitida pelos órgãos ambientais competentes, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos. Prevê também que os fabricantes e os importadores de pneus novos deverão implantar, nos municípios acima de 100.000 (cem mil) habitantes, pelo menos um ponto de coleta. Determina também que para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível.

2.9 Aplicações para os pneus usados

Mesmo inservível para utilização em veículos e máquinas, o pneu ainda mantém algumas de suas características físicas, tais como: formato, rigidez, impermeabilidade, além de um poder calorífico elevado. Normalmente, a única característica que é sensivelmente afetada é a sua adesão à superfície, um dos pré-requisitos mais importantes para sua utilização em um veículo. Assim, os pneus inservíveis se prestam para diferentes técnicas de reciclagem

ou destinação final. Caponero (2000), sintetizou e analisou estas tecnologias (Quadro 3) e apesar da classificação apresentar variadas demandas em relação ao consumo dos pneus, não se pode generalizar, pois, isto pode variar de acordo com as necessidades e potenciais de cada região.

Destino	Demanda de pneus	Principais vantagens	Principais desvantagens
Aterro	Ilimitado	Baixo investimento de capital.	Formato pneu. Perigo de incêndio. Proliferação de insetos e roedores.
Coprocessamento em cimenteiras	Muito alta	Diminuição do nível de emissão de poluentes.	Suprimento da demanda. Adaptação dos fornos.
Coprocessamento em indústria de papel	Média	Diminuição do nível de emissão de poluentes.	Valor dos produtos pouco competitivos frente aos combustíveis tradicionais. Necessidade de pré-tratamento.
Coprocessamento em termelétricas	Baixa	Combustão completa dos pneus. Diminuição do nível de emissão de poluentes gasosos.	Suprimento da demanda. Alto investimento de capital.
Pirólise	Atualmente é desprezível	Geração de produtos mais valorizados. Alto potencial mercadológico do produto. Tratamento de grandes pneus.	Falta de normalização de produtos. Recuperação entre 75-82% da energia.
Agricultura	Desprezível	Sem efeitos adversos ao meio ambiente.	Baixa demanda
Artesanato/recifes/quebra ondas/barreiras	Muito baixa	Sem efeitos adversos ao meio ambiente.	Alto custo de disposição por pneu
Indústria civil	Muito alta	Melhora nas propriedades do asfalto. Sem efeitos adversos ao meio ambiente.	Necessidade de pré-tratamento. Não se provou viável até o momento.
Desvulcanização	Baixa	Recuperação parcial das propriedades da borracha. Sem efeitos adversos ao meio ambiente.	Pior propriedade dos produtos. Alto investimento de capital. Falta investimento de capital. Falta normatização aos produtos.

Quadro 3: Comparação das tecnologias de destinação final de pneus

Fonte: CAPONERO (2000)

Antes de se tornarem inservíveis, os pneus usados podem ser reformados, para que sua vida útil como equipamento automotivo seja prolongada. No Brasil, a prática é permitida por lei, desde que seja realizada com componentes que foram utilizados em território nacional, e podem ser de três tipos: a recapagem, quando somente a banda de rodagem é substituída; a recauchutagem, que inclui a troca de um pedaço da lateral do pneu; e a remoldagem, quando todo componente ganha nova cobertura.

De acordo com Aquino apud Ribeiro (2005), o Brasil ocupa o 2º lugar no ranking mundial de reciclagem de pneus, assumindo uma posição vantajosa junto a vários países na luta pela conservação dos recursos naturais. Segundo o autor supracitado, esta técnica permite que o recauchutador, seguindo as recomendações das normas preconizadas, adicione novas camadas de borracha aos pneus velhos, conseguindo aumentar sua vida útil, e proporcionar uma economia de cerca de 80% de recursos naturais, em relação à produção de pneus novos.

Para garantir a correta eliminação, é necessário coletar, armazenar e transportar os pneus de forma adequada, sendo que destas etapas, a coleta ou o acesso ao pneu inservível é dificultado devido à grande quantidade de pneus nos mais variados lugares. Desta forma para garantir que estas etapas sejam realizadas de forma correta, é inevitável que os fabricantes de pneus desenvolvam ações em conjunto com empresas privadas e o poder público.

A Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) implantou em 1999 o Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis em todo território nacional. Em 2007, foi aperfeiçoado e passou a ser realizado através da RECICLANIP, que é uma entidade voltada, exclusivamente, para a coleta e destinação de pneus no Brasil. Através de parcerias com distribuidores, revendedores e prefeituras foi possível a implantação de centros de recepção de pneus inservíveis, os chamados ecopontos. Estes locais são de responsabilidade dos fabricantes e importadores de pneus, como também, o apoio técnico para as instalações e para a logística de funcionamento dos mesmos, e ainda, o suporte financeiro para o sistema de encaminhamento dos pneus inservíveis até a destinação final dos mesmos.

O responsável pelo ponto de coleta comunica a RECICLANIP sobre a necessidade de retirada do material, quando atinge a quantidade de 2000 pneus de passeio ou 300 pneus de caminhões. Deste ponto em diante, é programada a retirada do material com os transportadores conveniados (RECICLANIP, 2010).

Segundo a RECICLANIP (2010), existem atualmente, no Brasil, existem 457 ecopontos mantidos para a coleta de pneus inservíveis, porém, quando o número é comparado aos 5.564 municípios existentes no país, torna-se desprezível. Os acordos realizados com as

prefeituras municipais têm permitido a ampliação do número de pontos de coleta de pneus em todo país. Isso se comprova no balanço anual do programa de coleta e destinação de pneus inservíveis. Em 2008 estavam implantados mais de 340 pontos de coleta de pneus, já o ano de 2009 aponta um avanço, 430 pontos estavam formalizados por meio de convênios de cooperação mútua com as prefeituras municipais. Porém, em alguns estados da região Nordeste não existe pontos de coleta desse tipo mantidos pela RECICLANIP. Isto ocorre nos Estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas, que somados, representam com mais de 15 milhões de habitantes. Uma responsabilidade exclusiva dos fabricantes e importadores de pneus, que ainda tem muito a se fazer no sentido para que os pneus inservíveis sejam “realmente” coletados e destinados de forma correta.

A Figura 5 mostra a evolução dos ecopontos no Brasil no período de 2004 a 2009.

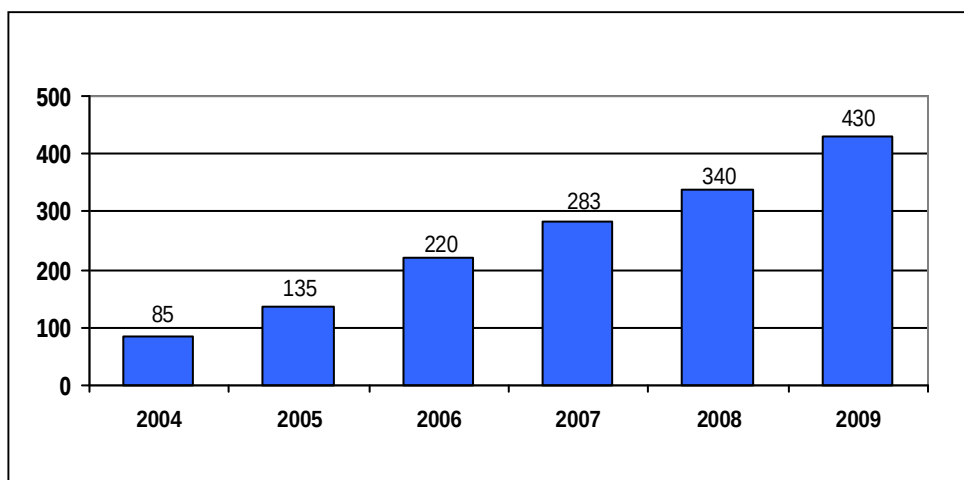


Figura 5: Evolução dos ecopontos no Brasil
Fonte: RECICLANIP (2010)

Tecnologias para reciclagem e reutilização de pneus inservíveis vêm crescendo, porém, num ritmo pequeno, quando comparado com a alta produção de pneus. O custo elevado para a realização destas técnicas inviabiliza uma maior abrangência das mesmas. Por outro lado, tecnologias de baixo desempenho de capital apresentam pequena demanda por pneus descartados (CAPPI, 2004).

Segundo a ANIP (2010), os pneus destinados no ano de 2009 por ações através da RECICLANIP, estão distribuídos da seguinte forma: coprocessamento na indústria de

cimento (63%), granulados, pó de borracha, artefatos, asfalto e aço (23%), laminação como matéria-prima para solado de sapato, dutos fluviais, entre outros (14%).

A seguir são descritas as técnicas mais utilizadas na reciclagem e destinação de pneus inservíveis, porém a técnica do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer, principal componente na fabricação do cimento, será discutida num item a parte.

2.9.1 Recauchutagem

O Brasil ocupa o segundo lugar no ranking mundial de recauchutagem de pneus, o que lhe confere uma posição vantajosa junto a vários países na luta pela preservação ambiental, uma vez que, além de aumentar vida útil do pneu, proporciona ainda, uma economia de cerca de 80% de energia e matéria-prima em relação à produção de pneus novos.

A Recauchutagem, também denominada de reconstrução de pneus, consiste em aproveitar a estrutura resistente do pneu gasto (liso), desde que esta esteja em boas condições de conservação, e incorporar-lhe nova borracha de piso, por forma a que este ganhe outra vida. Normalmente, esta operação é efetuada uma vez para pneus de veículos de passeio, duas a três vezes em pneus pesados ou industriais, e cerca de dez vezes em pneus de avião. Desta forma, o pneu mantém basicamente as mesmas características técnicas e de comportamento do pneu original, a custos muito inferiores. Relativamente ao pneu novo, poupa-se cerca de 75%, tanto a nível de matéria prima como a nível energético, o que se traduz simultaneamente numa poupança econômica e ambiental. Para que sua utilização seja segura, duas condições tornam-se imprescindíveis: que o produto cumpra as especificações do fabricante; e que o seu processo de confecção tenha um bom padrão de qualidade.

2.9.2 Remoldagem

A remoldagem de pneus é uma tecnologia desenvolvida na Itália, em meados de 1970, com o intuito de obter um produto competitivo com a indústria de pneumáticos novos, que permite a reconstrução de pneumáticos usados. A tecnologia remove toda a borracha das

carcaças usadas, de talão a talão, e a recompõe da mesma forma que nos pneus novos, custando em média 50% menos que os similares novos. Essa reconstrução e vulcanização, sem qualquer emenda proporcionam perfeito balanceamento, apresentação e segurança no uso. Entretanto, os fabricantes de pneus novos alegam que, embora a borracha de cobertura seja nova, é difícil mensurar se algum dano ocorrido anteriormente no pneu usado afetará a estrutura do pneu remoldado.

Vale ressaltar que, desde 1997, o Brasil não autoriza a importação de pneus usados, por considerá-los um resíduo de difícil destinação, causando sérios danos à natureza. Com menos tempo útil de vida, eles são usados e logo descartados no meio ambiente. Devido a decisões judiciais favoráveis ao setor, a atividade de remoldagem conseguiu desenvolver suas atividades até o ano de 2007, quando por falta de matéria-prima, a fábrica da BSColway encerrou suas atividades no Brasil, uma vez que, para o processo de remoldagem é necessário o uso de carcaças em bom estado, que dificilmente serão obtidas no mercado nacional, devido ao estado precário de nossas rodovias e ao excesso de rodagem dos pneus nacionais. A matéria-prima desejada por estas empresas é proveniente dos EUA e Europa, por possuírem uma maior qualidade devido às boas condições de rodagem dos mesmos.

2.9.3 Aplicação em asfalto

A incorporação de borracha de pneus inservíveis em revestimentos asfálticos de pavimentos rodoviários e urbanos vem sendo empregada há algumas décadas no exterior, em países como Canadá, Portugal, Austrália e, principalmente, nos Estados Unidos da América. A utilização de técnicas aplicando-se o “asfalto-borracha” em revestimentos asfálticos é uma constante realidade nos estados americanos do Arizona, Califórnia e Flórida.

A modificação ou melhoria dos ligantes asfálticos utilizados em pavimentação, com adição de borracha de pneus, é considerada uma alternativa atraente para o melhoramento das propriedades dos materiais betuminosos, já que o resultado final é um revestimento com características técnicas superiores às verificadas em misturas asfálticas convencionais. A borracha constituinte do pneu (Figura 6) possui excelentes propriedades físicas e químicas

para ser incorporada ao ligante convencional, trazendo uma série de melhorias que se refletem diretamente na durabilidade do pavimento (GRECA, 2006).



Figura 6: Borracha moída de pneus inservíveis
Fonte: GRECA (2006)

Ainda segundo Greca (2006) são duas as maneiras mais empregadas de adição da borracha de pneus às misturas asfálticas:

- Via seca: a borracha constitui o agregado na mistura.
- Via úmida: a borracha é previamente misturada ao ligante, desta forma consegue-se modificá-lo permanentemente.

Muitos são os benefícios da utilização de pneus no chamado “asfalto-borracha”, dentre eles estão:

- Fortalecimento do mercado de reutilização de pneus inservíveis.
- Aumento da durabilidade da superfície da pista, melhorando a aderência e diminuindo a ocorrência de acidentes ocasionados por derrapagens.
- Aumento da vida útil do pavimento.
- Apesar do maior custo, a adição de pneus no pavimento pode até dobrar a vida útil da estrada.

- Redução do consumo de bens não renováveis, uma vez que o asfalto é produzido através do petróleo.

2.9.4 Regeneração da borracha

Na regeneração da borracha os pneus inservíveis passam por modificações que os tornam mais plásticos e aptos a receber nova vulcanização, mas não têm as mesmas propriedades da borracha crua sendo, geralmente, misturado a ela para a fabricação de artefatos. No processo de regeneração, utilizado para pneus, a borracha é separada dos outros componentes e desvulcanizada, o arame e a malha de aço são recuperados como sucata de ferro qualificada, o tecido de nylon é recuperado e utilizado como reforço em embalagens de papelão.

A borracha regenerada de pneus pode ser utilizada na fabricação de diversos artefatos essenciais para o mundo moderno, como tapetes, pisos industriais e de quadras esportivas, sinalizadores de trânsito, dentre outros. Também é utilizada na recauchutagem de pneus, no revestimento de tanques de combustível, como aditivo em peças de plásticos aumentando-lhes a elasticidade e em outros usos (ANDRIETTA, 2002).

2.9.5 Pirólise de pneus com xisto

Em 1998 a Petrobrás em sua unidade de São Mateus do Sul-PR, onde explora o xisto betuminoso, instalou uma usina de reprocessamento conjunto de xisto e pneus inservíveis para a produção de óleo e gás combustíveis, através de tecnologia própria reconhecida mundialmente (NOHARA et al, 2005).

Os pneus são cortados em pedaços, misturados ao xisto e a mistura é levada a um reator cilíndrico vertical (retorta), para ser aquecida a, aproximadamente, 500°C. Sob alta temperatura, o mineral libera matéria orgânica em forma de óleo e gás. Em seguida, o xisto e a borracha passam por resfriamento, resultando na condensação dos vapores de óleo na forma de gotículas, que então constituem o óleo pesado. Depois de retirado o óleo pesado, os gases

de xisto passam por outro processo de limpeza para produção do óleo leve. O restante é encaminhado para outra unidade, onde são obtidos o gás combustível e o gás liquefeito (GLP), além da recuperação do enxofre. O que sobrou da mistura do pneu com o xisto é então levado para as cavas da mina e recoberto por uma camada de argila e solo vegetal, permitindo a recuperação do meio ambiente (NOHARA et al, 2005).

2.10 Coprocessamento de resíduos

O uso de energias renováveis está cada vez mais presente na produção do cimento. Isto é possível pelo coprocessamento de resíduos (como pneus, óleos usados, plásticos, tintas) e/ou pelo uso de biomassa (moinha de carvão vegetal, casca de arroz, bagaço de cana), que emitem, muitas vezes, menor quantidade de CO₂ que os combustíveis tradicionais utilizados. Através do coprocessamento, a indústria aproveita resíduos como substitutos de combustível ou matéria-prima. Esse processo, além de dar uma destinação ambientalmente adequada a rejeitos de outras atividades, permite, ainda que parcialmente, reduzir o uso de combustíveis tradicionais não-renováveis, como o coque de petróleo, o óleo combustível e o carvão mineral. Sob estes aspectos a técnica é abrangente e eficiente, pois destrói total ou parcialmente os resíduos, e não possui os inconvenientes dos incineradores, através da disposição das cinzas da queima em aterros, e de se tratar o efluente líquido gerado na lavagem dos gases da queima. A atividade é realizada em conjunto com a produção de clínquer no interior de um forno que possui, em média, 60 m de comprimento e 4 m de diâmetro, temperatura de 1.400°C na zona de clinquerização e um tempo de residência para os gases de até 10 segundos. Em virtude da longa extensão do mesmo, assegura a completa destruição dos resíduos.

A Figura 7 mostra os pontos de alimentação de resíduos no forno de clínquer.

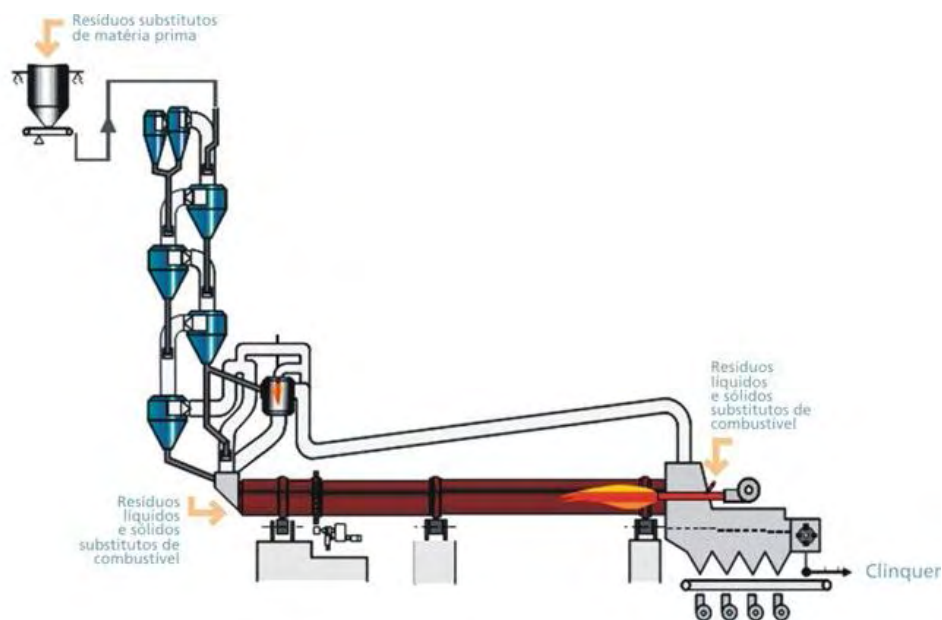


Figura 7: Pontos de alimentação de resíduos no forno de clínquer

Fonte: SNIC (2010)

As primeiras queimas de resíduos em fornos de produção de clínquer, denominadas de coprocessamento, foram realizadas nos anos 1970. No Canadá foram realizados testes com resíduos clorados em fornos por via úmida. Na Europa, a França realizou testes em 1978 e, no mesmo ano, a Suécia também incinerou resíduos clorados (KIHARA, 1999). Na União Européia, cerca de 150 fornos dos 450 existentes em duzentas e cinquenta unidades cimenteiras utilizam combustíveis alternativos, numa quantidade equivalente a cerca de 3 milhões de toneladas de carvão por ano, o que corresponde, em média, à substituição de combustível em 20% . Na Alemanha todas as cimenteiras operam com coprocessamento e em países como Áustria, Bélgica e França o combustível alternativo chega a ultrapassar os 50% do carvão, coque de petróleo e gás natural.

No Brasil as atividades de coprocessamento de resíduos industriais foram iniciadas a partir de 1990, no Estado de São Paulo, estendendo-se posteriormente para os Estados do Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais (CAVALCANTI, 1996).

A abrangência dessa atividade é tamanha, que praticamente todos os estados das regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-oeste já têm ao menos uma unidade licenciada para a técnica (Figura 8). Estão instaladas na Paraíba duas fábricas de cimento, ambas estão devidamente licenciadas para a atividade de coprocessamento, uma está localizada no município de João Pessoa e outra em Caaporã.

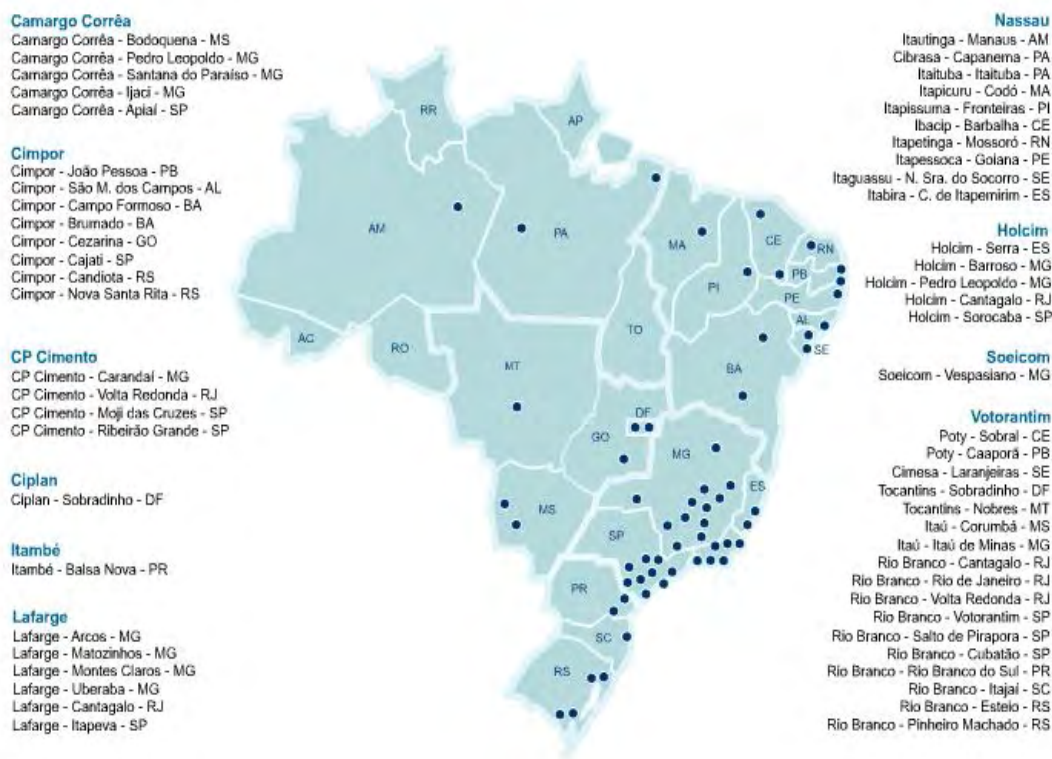


Figura 8: Fábricas de cimento instaladas no Brasil

Fonte: SNIC (2010)

No ano de 2008 a indústria cimenteira nacional coprocessou o equivalente a um milhão de toneladas de resíduos (incluindo aproximadamente 33 milhões de pneus inservíveis). A utilização desses resíduos como combustível alternativo já representa hoje uma substituição de 15% de combustíveis fósseis não-renováveis. Em 2009 foram coprocessados cerca de 180 mil toneladas de pneus inservíveis, que corresponde a 36 milhões de unidades (SNIC, 2010).

A Figura 9 mostra a evolução do coprocessamento de resíduos no Brasil no período de 1999 a 2008.

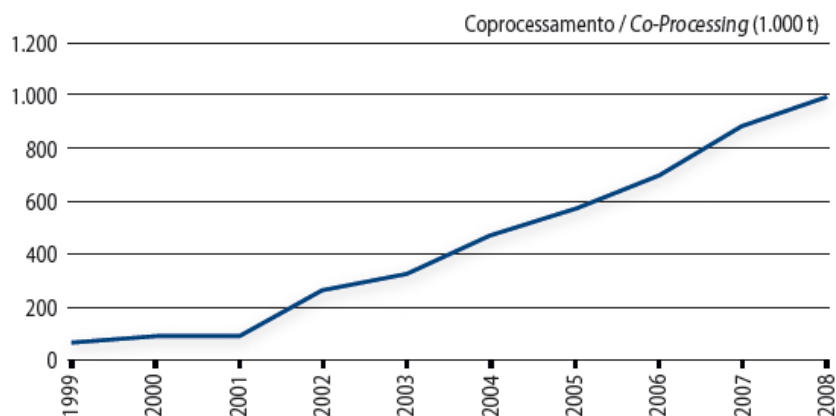


Figura 9 - Evolução do coprocessamento no Brasil (1999 a 2008)

Fonte: SNIC (2008)

Porém, conforme preconizado na Resolução do CONAMA Nº 264/99 existem restrições para os tipos de resíduos a serem coprocessados, ou seja, existem alguns grupos de resíduos que não se permite coprocessar. Atualmente, existe uma gama de resíduos que vem sendo coprocessados pela indústria cimenteira (Quadro 4) e muitos deles estão diretamente ligados aos tipos de indústrias instaladas nas regiões do Brasil.

Principais Resíduos Coprocessados		
Pneumáticos	Tintas e solventes	Resíduos de madeira
Borrachas	Papel e papelão	Borras oleosas e graxas
Lodo de esgoto	Borras ácidas	Entulhos da construção civil
Plástico	Refratário	Terra contaminada

Quadro 4: Principais resíduos coprocessados pela indústria do cimento

Fonte: SNIC (2010)

2.10.1 Emissões atmosféricas

Os poluentes primários emitidos na fabricação de cimento são: material particulado, óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e dióxido de carbono (Quadro 5). Alguns outros componentes em menores quantidades podem ser lançados ao meio

ambiente e são considerados poluentes atmosféricos perigosos, como: compostos orgânicos voláteis, amônia, cloro, cloreto de hidrogênio e produtos da combustão incompleta.

Fontes		Poluentes
Estacionárias	Combustão	Material particulado, dióxido e trióxido de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio.
	Processo Industrial	Material particulado (fumos, poeiras e névoas), gases(SO ₂ , SO ₃ , HCl, hidrocarbonetos, mercaptanas, H ₂ S, HF e NO _x)
	Queima de resíduo sólido	Material particulado, gases (SO ₂ , SO ₃ , HCl e NO _x)
	Outros	Hidrocarbonetos e material particulado
Móveis	Veículos gasolina, diesel, etanol, aviões, motocicletas, barcos, locomotivas, etc.	Material particulado, Monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos e ácidos orgânicos
Naturais		Material particulado (poeiras), gases (SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ e hidrocarbonetos
Reações químicas na atmosfera		O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos, orgânicos, aerosol fotoquímico

Quadro 5: Principais fontes de poluição e principais poluentes

Fonte: DERÍSIO (2000)

Para o controle da atividade de coprocessamento foi editada a Resolução do CONAMA N° 264/99, que regula as taxas de emissões máximas em fornos de clínquer de acordo com teste de queima realizado na chaminé da moagem de cru/forno. Tal teste é acompanhado pelo Órgão Ambiental competente, onde os limites máximos de emissão atmosféricos são determinados (Quadro 6).

Poluente	Limites Máximos de Emissão
HCl	1,8 kg/h
HF	5 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
CO*	100 ppmv, corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
MP	70 mg/Nm ³ farinha seca, corrigido a 11% de O ₂ (base seca)
THC (expresso como propano)	20 ppmv, corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Mercúrio (Hg)	0,05 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Chumbo (Pb)	0,35 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Cádmio (Cd)	0,10 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
Tálio (Tl)	0,10 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	1,4 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ (base seca)
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn)	7,0 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ (base seca)

*As concentrações de CO na chaminé não poderão exceder a 100 ppmv em termo de média horária.

Quadro 6: Limites máximos de emissão para coprocessamento de resíduos

Fonte: CONAMA (1999)

Para as emissões atmosféricas de monóxido de carbono (CO), o limite pode ser excedido, desde que os valores médios de Hidrocarbonetos (THC) não ultrapassem 20 ppmv, em termos de média horária, além de que, não seja ultrapassado o limite de 500 ppmv para o CO, com correção a sete por cento de O₂ (base seca), em qualquer instante. Os limites de emissão para óxidos de enxofre (SO_x) e óxidos de nitrogênio (NO_x) devem ser estipulados pelos Órgãos Ambientais competentes de cada região. Deve-se também realizar o monitoramento contínuo de alguns parâmetros como: pressão interna, temperatura dos gases do sistema forno e na entrada do precipitador eletrostático, vazão de alimentação do resíduo, material particulado (através de opacímetro), O₂, CO, NO_x e/ou THC quando necessário. (CONAMA, 1999).

É necessário também, realizar monitoramento de forma não contínua por entidade externa, com periodicidade estipulada pelos Órgãos Ambientais, contemplando os seguintes parâmetros: SO_x, PCOPs, HCl/Cl₂, HF e dioxinas e furanos.

Para assegurar a estabilidade e segurança do processo deve-se ter instalado e em condições de funcionamento um sistema de intertravamento para interromper automaticamente a alimentação de resíduos, nos seguintes casos:

- Emissão dos poluentes monitorados continuamente, acima dos limites previstos.
- Queda da temperatura normal de operação.
- Pressão positiva no forno.
- Falta de energia elétrica ou queda brusca de tensão.
- Queda do teor de O₂ no sistema.
- Mau funcionamento dos monitores e registradores de temperatura, O₂, CO ou THC.
- Interrupção do funcionamento do Equipamento de Controle de Poluição (ECP).
- Temperatura da entrada do precipitador eletrostático superior a 200 °C.

2.10.1.1 Material Particulado (MP)

As principais fontes de emissão de material particulado no processo de fabricação de cimento são fornos, moinhos e resfriador, além de emissões fugitivas durante as movimentações de matérias-primas e combustíveis e embalagem e expedição do cimento (SIGNORETTI, 2008).

Os efeitos adversos do material particulado representam problemas respiratórios, interferem na visibilidade, alteram os níveis de radiação que atingem o solo, além de corrosão de superfícies.

As operações industriais são dotadas de modernos equipamentos de desempoeiramento, como precipitadores eletrostáticos e filtros de mangas, com monitoramento contínuo da taxa de emissão de particulados, dentre outros poluentes.

Os precipitadores eletrostáticos embora apresentem alta eficiência na remoção das partículas, apresentam restrições de funcionamento, podendo assim, diminuir sua eficiência. Uma das principais restrições é a impossibilidade de operação frente aos altos índices de CO nos gases, devido à possibilidade de explosão por inflamação do CO quando atravessa o campo elétrico do precipitador. Assim, na partida e parada, o precipitador é desligado, emitindo assim, material particulado. Devido a estes detalhes de operação, os precipitadores eletrostáticos vêm sendo substituídos por filtros de mangas nas indústrias cimenteiras.

Dentre os principais dispositivos para o controle das partículas, estão os filtros de mangas (Figura 10), onde os gases provenientes do processo produtivo passam através de um conjunto de mangas, específicas para cada tipo de material a ser filtrado, onde o material

particulado fica retido em suas paredes externas. Existe ainda, um sistema de limpeza dotado de válvulas que liberam jatos de ar comprimido, que fazem com que as partículas depositadas nas paredes das mangas caiam, e sejam encaminhadas novamente ao processo, através de uma rosca transportadora.

A eficiência do filtro de mangas depende do tipo de material filtrante e da velocidade dos gases através da superfície de filtração. Esta eficiência de remoção das partículas com diâmetro de $0,1 \mu\text{m}$, é da ordem de 99 a 99,99% (SIGNORETTI, 2008).

Nas fábricas pertencentes ao Grupo Cimentos de Portugal (CIMPOR), no que diz respeito ao desempoeiramento dos gases do forno, 47% dos fornos encontram-se equipados com filtros de mangas e 53% com os tradicionais precipitadores eletrostáticos (CIMPOR, 2010).



Figura 10: Esquema ilustrativo de um filtro de mangas
Fonte: BERNAUER (2010)

2.10.1.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

O calcário, que tem na maioria de sua composição o Carbonato de Cálcio (CaCO₃), durante o processo de produção de clínquer é aquecido no forno, juntamente com outras matérias-primas, produzindo Cal (CaO) e CO₂ (Equação 1). Este processo é denominado de descarbonatação.



Segundo SNIC (2008) o dióxido de carbono é um dos principais gases causador do efeito estufa, e a indústria do cimento em todo o mundo representa aproximadamente 5% do total das emissões antrópicas de CO₂, correspondendo a cerca de 0,87 kg de CO₂/kg de clínquer. Quando contabilizadas em valores mundiais no processo de fabricação do cimento, cerca de 90% das emissões de CO₂ são provenientes do processo de produção de clínquer, que são geradas na descarbonatação da matéria-prima e na queima de combustíveis no forno. Os 10% restantes são provenientes do transporte das matérias-primas e do consumo de energia elétrica (Figura 11).

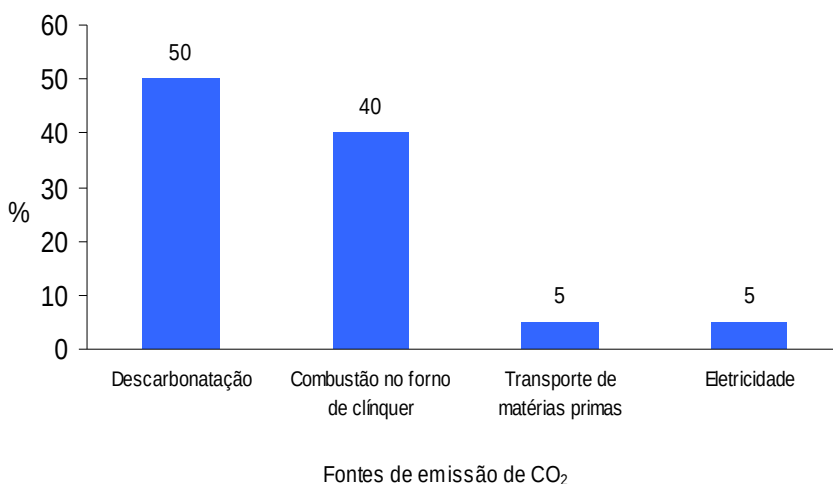


Figura 11: Distribuição de emissões de CO₂ na produção de cimento
 Fonte: BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE (2001)

As emissões de CO₂ relativas ao processo de combustão têm ligação direta com a quantidade de calor específico necessário ao processo produtivo e da relação da quantidade de carbono/poder calorífico do combustível utilizado.

Através da utilização de combustíveis de forma mais eficiente no processo de combustão, as emissões de CO₂ vem sendo reduzidas ao longo dos anos. Isto também ocorre na utilização de combustíveis alternativos com baixo teor de carbono e na utilização de escórias siderúrgicas, cinzas de termelétricas e fíler calcário em substituição de parte do clínquer na moagem do cimento diminuindo a utilização de clínquer e, a conseqüente, liberação de CO₂ proveniente do consumo de combustíveis no forno e da descarbonatação do calcário, reduzindo, assim, as emissões totais de CO₂ por tonelada de cimento produzido (SNIC, 2010).

A Figura 12 mostra a evolução das adições no Brasil, comparada as produções de clínquer e cimento.

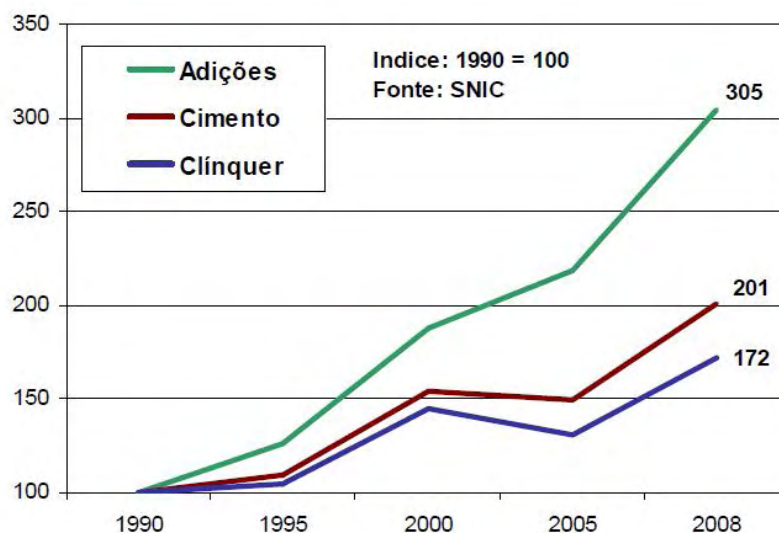


Figura 12: Evolução das adições comparadas com a produção de clínquer e cimento
Fonte: SNIC (2010)

2.10.1.3 Dióxido de Enxofre (SO_2)

O dióxido de enxofre (SO_2) é introduzido na atmosfera, através das atividades humanas e naturais. A quantidade de SO_2 introduzido na atmosfera em 1990, através das atividades humanas foi de cerca de três vezes mais que as geradas pelos processos naturais, que totalizou 52 milhões de toneladas (CARVALHO JR.& LACAVA, 2003).

A emissão de SO_2 possui um tempo de vida de 2 a 6 dias na atmosfera, podendo atingir 4.000 Km de distância. Causa dificuldades de respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças cardiovasculares e, ao reagir com a água e diversos outros compostos químicos presentes no ar, forma neblina química e ácido sulfúrico (H_2SO_4), um dos agentes da chuva ácida. O H_2SO_4 é levado pelo vento a grandes distâncias das fontes, causando danos ambientais em grandes áreas. Chuvas ácidas além de danificarem acidificam lagoas, rios, florestas e a terra, causando a morte de peixes, árvores e plantas e danificam prédios e monumentos.

O SO_2 tem como sua maior fonte não-natural a combustão de combustíveis fósseis nos processos industriais, onde praticamente todo o enxofre se oxida para SO_2 e as emissões resultantes estão diretamente relacionadas com a quantidade de enxofre presente no combustível. Entre os combustíveis mais comumente utilizados, o gás natural não apresenta enxofre em sua composição original.

2.10.1.4 Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

O termo NO_x é denominado como sendo a soma do monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO_2). Contudo, após lançado na atmosfera, o NO rapidamente se transforma em NO_2 , podendo então se calcular as taxas mássicas de NO_x , considerando os dois compostos como NO_2 . Combustíveis com teores de nitrogênio, modo de operação, tipo de projeto da câmara de combustão, são fatores que contribuem para a formação de NO_2 . O NO_2 pode causar irritação no sistema respiratório, e adsorvido em partículas, pode ser conduzido podendo acarretar danos aos tecidos dos pulmões, além de outras complicações que podem ocasionar alterações nas características hereditárias.

Após lançado na atmosfera o NO ao entrar em contato com vapor d'água forma o ácido nítrico (HNO_3), que em conjunto com o H_2SO_4 , representa o maior componente da chuva ácida, que aumenta a acidez do solo e nas águas, podendo acarretar prejuízos a flora, fauna e ao ser humano. Além da chuva ácida, é gerado, através da ação dos raios ultravioletas (UV) de origem solar, o ozônio (O_3).

Na indústria cimenteira o nível de emissão de NO_x depende do tipo de combustível utilizado e do processo produtivo, além do que, as altas temperaturas necessárias a produção do clínquer, favorecem a formação de NO_x .

Entre as alternativas para controlar os níveis de NO_x , destacam-se as seguintes: modificação no processo, baseado na produtividade e eficiência energética, controle da combustão e remoção do NO_x formado no processo de combustão.

2.10.1.5 Metais

As matérias-primas utilizadas na composição do cimento possuem características químicas e mineralógicas que são específicas de cada região onde as fábricas estão instaladas, pois geralmente as minas são instaladas em áreas muito próximas as fábricas. Dessa forma, além dos constituintes principais, possuem elementos traços, tais como os metais pesados, que são utilizados para na composição do clínquer, podendo interferir na qualidade do produto e nas emissões gasosas emitidas no processo. Segundo Siqueira (2005), os metais retornam ao ambiente, através das emissões, tendo a atmosfera como principal via de acesso e distribuição. Podendo depositar-se nas águas superficiais e no solo, representando potencial contaminação nas cadeias alimentares.

Os metais pesados correspondem a cerca de 1% da massa da emissão de material particulado emitida pela chaminé do processo de fabricação de clínquer. Os metais comumente encontrados são: cromo, chumbo, arsênio, antimônio, mercúrio e manganês. O controle das emissões de metais pesados não voláteis e de compostos orgânicos condensados está diretamente associado ao controle do material particulado.

De acordo com Signoretti (2008) “Os metais mais importantes de preocupação são aqueles que, por sua toxicidade, causam enfermidades carcinogênicas, danos aos diferentes órgãos como fígado, rins e o sistema nervoso e imunológico”.

O mercúrio, cádmio e tálio são considerados tóxicos e prejudiciais à saúde. O Quadro 7 mostra os principais efeitos que os metais podem causar a saúde humana devido a exposição ou contato com os mesmos.

Metal	Efeitos na saúde humana
Antimônio	Inalação provoca irritação dos olhos e causa problemas nos pulmões, coração
Arsênico	Alto nível de concentração pode causar a morte
Bário	Altos níveis causam problemas no estômago, fígado, rins e outros órgãos
Berílio	Alta exposição causa câncer de pulmão
Cádmio	Irrita o tubo digestivo, rins e pulmões
Cromo	Alto nível de concentração de cromo (IV) causa câncer no ser humano
Chumbo	Causa dano ao sistema nervoso, rins e sistema reprodutivo
Níquel	Provoca câncer de pulmão, bronquite crônica e efeitos na pele
Selênio	Alto nível de concentração causa efeitos neurológicos, deformidades nas unhas
Tálio	Alto nível altera o sistema nervoso, vômitos, diarreias, queda de cabelo
Mercúrio	Altos níveis danificam o cérebro, os rins e o feto no período de gestação
Vanádio	Pode causar irritação dos pulmões, dor no peito, tosse e outros efeitos
Zinco	Pode causar cólicas estomacais, anemia e alterar os níveis de colesterol

Quadro 7: Efeitos dos metais na saúde humana

Fonte: (ATSDR, 1999)

2.10.1.6 Outros poluentes (hidrocarbonetos, compostos clorados e dioxinas e furanos)

O total de hidrocarbonetos não queimados (THC) é designado como sendo parte do combustível, assim como os produtos da degradação térmica, que são lançados na atmosfera sem sofrer oxidação completa. A concentração de THC está relacionada à capacidade de mistura dos reagentes e tempo de mistura.

Quando são incinerados compostos clorados, estes podem formar ácido clorídrico ou cloretos, de acordo com a maior ou menor quantidade de cal disponível para reagir com o cloro e formar cloreto de cálcio (CaCl_2). De modo a proteger contra a emissão de compostos clorados ou ácido clorídrico (HCl), estão fixados limites de emissões baseado em efeitos causados pela inalação.

As dioxinas e furanos são uma das principais preocupações por partes dos órgãos ambientais, devido a seus graves efeitos tóxicos. O termo dioxina refere-se a uma família de 75 compostos químicos, cuja toxicidade está determinada pela quantidade e posição do cloro; a 2,3,7,8-tetraclorobibenzeno-p-dioxina (TCDD) é o composto químico extremamente tóxico. Os Furanos são da família dos compostos denominados de dibenzofuranos. Ambos podem ser gerados através da combustão incompleta de misturas contendo compostos orgânicos clorados ou cloro, como a produção de diversos produtos químicos, em especial os pesticidas, branqueamento de papel e celulose, incineração de resíduos, incêndios, processos de combustão (incineração de resíduos de serviços de saúde, incineração de lixo urbano, dentre outros (ASSUNÇÃO e PESQUERO, 1999).

Segundo preconizado na Resolução Nº 316/2002 do CONAMA, o valor máximo permitido para emissão de dioxinas e furanos no coprocessamento de resíduo é de 0,5 ng/Nm³. Esse nível é cinco vezes superior ao estabelecido em países desenvolvidos, como os da União Européia.

2.11 Cimento Portland

O cimento é um material existente na forma de um pó fino, com dimensões médias da ordem dos 50 µm, que resulta da mistura de clínquer com outros materiais, tais como o gesso, pozolanas, ou escórias siliciosas, em quantidades que dependem do tipo de aplicação e das características procuradas. O cimento é a mistura de clínquer e gesso. O clínquer, o principal constituinte do cimento, é produzido por transformação térmica a elevada temperatura em fornos apropriados, de uma mistura de material rochoso contendo aproximadamente 80% de carbonato de cálcio (CaCO₃), 15% de dióxido de silício (SiO₂), 3% de óxido de alumínio (Al₂O₃) e quantidades menores de outros constituintes, como o ferro, o enxofre, entre outros. Estes materiais são normalmente obtidos em minas localizadas nas proximidades dos fornos de produção do clínquer.

2.11.1 Descrição do processo de fabricação

O processo de fabricação do cimento é composto por uma série de atividades que envolvem desde a extração de matérias-primas cruas e a produção do clínquer (que vem a ser o componente fundamental do cimento) até a mistura, moagem e ensacamento do cimento propriamente dito. O processo de fabricação pode ser abordado de forma simplificada em doze etapas (Figura 13):

- 1 – Mineração ou Extração: consiste na retirada das matérias-primas (calcário e argila) da mina ou jazida.
- 2 – Britagem: objetiva reduzir a granulometria do material minerado, a fim de que ele possa ser utilizado no processo.
- 3 – Pré-homogeneização: trata-se da etapa de homogeneização do calcário cru, a fim de que a composição do minério seja o mais uniforme possível.
- 4 – Dosagem: é a fase de pesagem dos materiais que constituirão o clínquer.
- 5 – Moinho de cru: consiste em moer as matérias-primas, produzindo a Farinha de cru.
- 6 – Silos de homogeneização: tem como função armazenar e homogeneizar a Farinha de cru.
- 7 – Forno: é responsável pela queima da Farinha de cru a altas temperaturas dando origem ao clínquer. Utiliza-se como principal combustível, o coque de petróleo.
- 8 – Silos de clínquer: local de armazenagem do clínquer produzido.
- 9 – Adições: etapa de dosagem das matérias-primas que formarão a composição final do cimento.
- 10 – Moinho de cimento: é responsável por moer o cimento até que ele atinja a granulometria adequada para uso.
- 11 – Silos de cimento: armazenam o cimento produzido.
- 12 – Ensacamento e Expedições: etapa final, que consiste em encaminhar o produto pronto para o cliente, em sacos ou a granel.

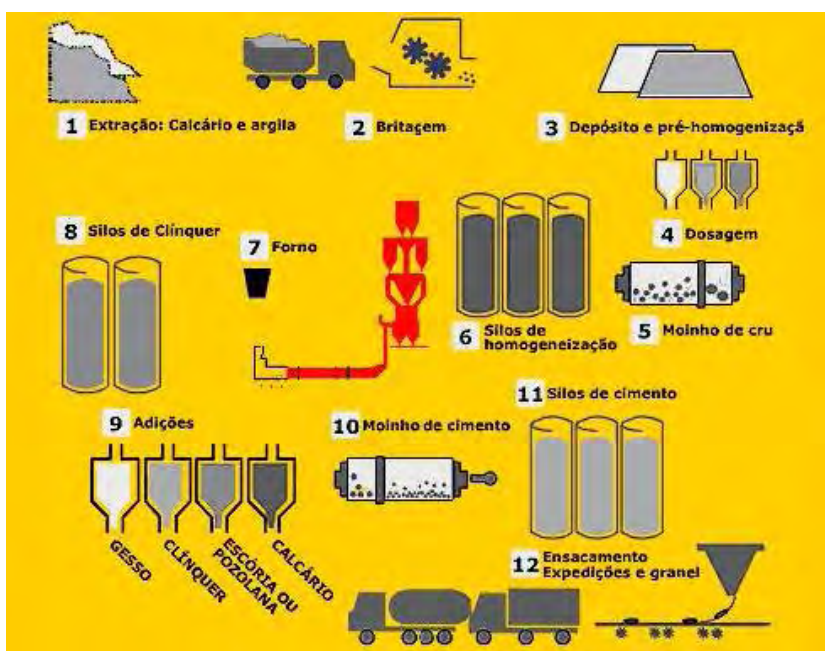


Figura 13: Descrição simplificada do processo de fabricação de cimento
 Fonte: CIMPOR (2010)

2.11.2 Combustível principal - coque de petróleo

O coque de petróleo é um combustível fóssil sólido, derivado do petróleo, de cor negra, com granulometria bastante variável. O mesmo é um subproduto da destilação do petróleo (no fundo da coluna de destilação), através de um processo denominado de craqueamento catalítico. Atualmente é o principal combustível utilizado em sistemas de geração de vapor e na indústria cimenteira, podendo o mesmo, apresentar teores de enxofre da ordem de 0,7 a 7,5%, variando seu valor no mercado econômico.

De acordo com Dynamicsmecanica (2004), a produção mundial de coque vem em crescente expansão, em 2002 atingiu 83 milhões de toneladas e em 2005 ultrapassou 88 milhões de toneladas. Os Estados Unidos da América são os maiores produtores mundiais de coque de petróleo (cerca de 66% da produção mundial). O Japão é o maior importador mundial e na Europa países como Itália e Turquia constituem o maior mercado consumidor de coque. No Chile o coque de petróleo é utilizado há mais de 20 anos, sendo as indústrias cimentarias as pioneiras em sua utilização.

Ainda conforme Dynamicsmecanica (2004) cerca de 75% do coque produzido é utilizado na forma de combustível no próprio craqueamento catalítico nas refinarias de petróleo, termelétricas e na indústria cimenteira, que juntos somam 70% do consumo mundial do produto (Figura 14).

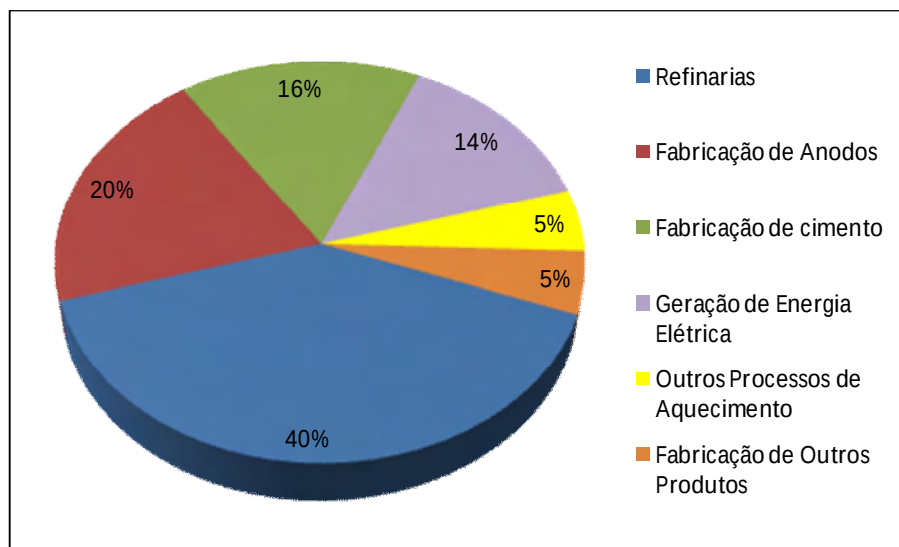


Figura 14: Utilização de coque de petróleo no mundo
 Fonte: DYNAMISMECANICA (2004)

A modalidade de processamento mais comum do coque *in natura* para utilização nos fornos rotativos de clinquerização para a produção de cimento é a que envolve a secagem e moagem de coque, obtendo-se um material pulverizante que é injetado nas câmaras de combustão através de queimadores supridos por sistemas de transporte pneumático. O coque de petróleo foi responsável por 100% da energia para o aquecimento de muitos fornos de clínquer, até o início do coprocessamento de resíduos.

2.11.3 O Coque de petróleo na Paraíba

O transporte marítimo, atualmente, é impar para o desenvolvimento dos estados, porém muitas vezes, este desenvolvimento está atrelado a inúmeros problemas em função dos

grandes volumes de carga, uma vez que o sistema portuário brasileiro muitas vezes não possui estrutura necessária para atender a legislação ambiental vigente.

A via de chegada do coque de petróleo na Paraíba é através do porto de Cabedelo, onde o mesmo é descarregado e transportado para unidades de fabricação de cimento ou terminais de estocagem, onde o acesso rodoviário ao porto é feito pela rodovia federal BR-230, que se integra a BR-101 na periferia de João Pessoa. Segundo estatísticas da Companhia Docas da Paraíba foram desembarcadas no porto de Cabedelo, o período de janeiro de 2006 a junho de 2010 um total de 1.013.913 toneladas de coque de petróleo.

A Figura 15 mostra a quantidade de coque de petróleo que foi movimentada na Paraíba através do porto de Cabedelo no período de janeiro de 2006 a junho de 2010.

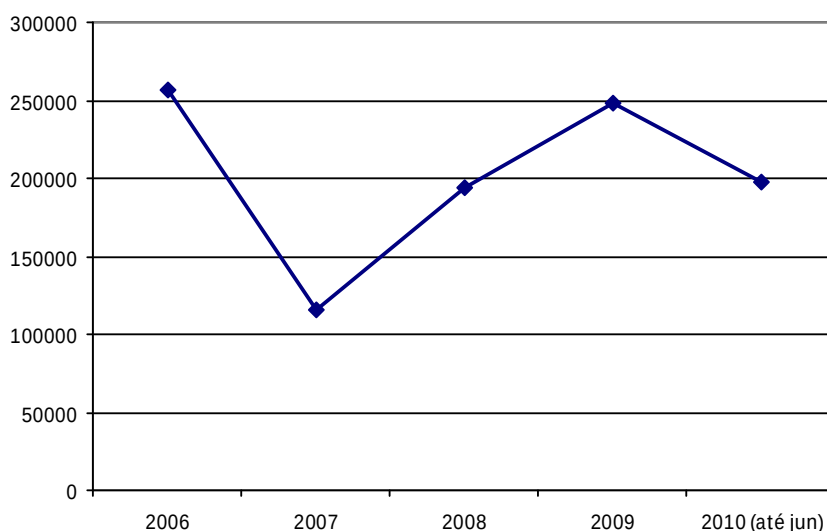


Figura 15: Quantidade de coque movimentado no porto de Cabedelo

Fonte: Companhia Docas da Paraíba (2010)

Desde o início da movimentação do coque de petróleo no porto de Cabedelo, vários problemas ocorreram devido à estocagem inadequada, uma vez que o coque era depositado diretamente na cidade de Cabedelo e estocado a céu aberto, sem estrutura correta, causando poluição e risco ao meio ambiente, possibilitando assim, o surgimento de problemas ambientais, à população de entorno e urbanísticos ao município.

Para as comunidades próximas aos locais de descarga, tráfego e armazenamento, o coque de petróleo, causa desconforto, pois sua dispersão atmosférica atinge as residências

próximas, podendo ocasionar alteração da qualidade do ar e conseqüentes danos a saúde da população envolvida. A exposição humana em concentrações significativas de partículas oriundas do processamento de coque de petróleo revelaram irritações de pele, olhos e vias respiratórias, devido se apresentarem em granulometria bastante reduzida.

No ano de 2004, o Ministério Público da Paraíba, com fiscalização da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) firmou com a Companhia Docas da Paraíba um Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta - TCAC, visando contribuir para viabilizar a gestão ambientalmente adequada do coque de petróleo, no porto de Cabedelo e adjacências, onde o local para depósito do coque deve possuir muro de proteção, sistema de umectação das pilhas, sistema de recuperação do pó, anteparo de proteção eólica, sistema de drenagem e tratamento dos efluentes proveniente das chuvas, sistema de recuperação dos produtos gerados, bacias de contenção, cinturão verde, entre outros. Desta forma foi instalado no município de Cabedelo - PB, um terminal de estocagem de combustíveis, que foi devidamente licenciado pela SUDEMA e, atende as indústrias da região, que não possuem estrutura própria para estocagem.

Sendo assim, apesar dos esforços realizados para minimizar os impactos da atividade com este material é possível verificar que a operação ainda provoca alterações na qualidade ambiental e causam problemas as comunidades, através da emissão de material particulado. Desta forma, é importante que novos combustíveis surjam, objetivando a substituição gradativa de combustíveis fósseis por resíduos, sendo melhor para o meio ambiente e comunidades, não só pela minimização dos impactos ambientais através da movimentação do combustível, mas também pela utilização de combustíveis ditos mais “limpos”, que muitas vezes possuem características que possibilitam minimizar impactos de naturezas variadas.

2.12 Utilização de pneus inservíveis na substituição de combustíveis fósseis

A utilização dos pneus inservíveis em substituição aos combustíveis fósseis, como o coque de petróleo e carvão mineral, vem ocorrendo gradativamente na fábrica da CIMPOR em João Pessoa, desde 2001, através de testes para os licenciamentos ambientais, assim como, para as adaptações necessárias em equipamentos, sistema operacional, além de monitoramento de emissões. Neste início, a quantidade de pneus recebidos era mínima, a grande maioria vinda do Rio Grande no Norte, porém em 2005 com o início do Nordeste Rodando Limpo, a coleta foi

impulsionada pela valorização do lixo-pneu, atingindo quantidades de recebimento de pneus da ordem de 3.000t/ano, assim como, iniciava-se o aumento gradativo da substituição térmica no forno de clínquer em relação ao coque de petróleo. Atualmente, os pneus inservíveis são utilizados no forno de clínquer de duas maneiras: através da inserção dos mesmos inteiros ou picados. Os dois métodos possuem particularidades que devem ser avaliadas de acordo podem interferir no processo produtivo. Em 2009, a substituição térmica alcançou valores da ordem de 8,01% em relação ao coque de petróleo.

2.13 Coprocessamento de pneus inservíveis em João Pessoa

A indústria cimenteira desenvolve estudos para a substituição dos combustíveis não-renováveis, buscando minimizar os custos de produção, impactos ambientais, além da eliminação de problemas de disposição dos resíduos, com uma aceitação cada vez maior por parte dos órgãos ambientais. Para a atividade de coprocessamento na CIMPOR foram seguidas etapas do licenciamento ambiental, conforme solicitado pela SUDEMA.

- Estudo de Viabilidade de Queima (EVQ) - 2001
- Plano de Teste em Branco (PTB) / Plano de Teste de Queima (PTQ) - 2001
- Resultado Teste em Branco/ Resultado Teste de Queima - 2002
- Licença de Operação Unidade de Picagem de Pneus - 2002
- Análise de Risco à Saúde Humana (ARSH)/Estudo de Dispersão Atmosférica - 2003
- Emissão da Licença de Operação (LO) coprocessamento de pneus inservíveis- 2003

2.13.1 Operação de alimentação de pneus

Atualmente, a fábrica da CIMPOR possui como um dos principais resíduos no coprocessamento, os pneus inteiros e picados. Para atender procedimentos e o processo produtivo, existem condições operacionais mínimas para que o sistema de alimentação de

resíduos seja ativado. Este é aplicado tanto no coprocessamento de pneus inservíveis como no dos demais resíduos. Os mesmos estão listados a seguir:

- Temperatura da pré-calцинаção < 900°
- Percentual de enxofre no 4º estágio da torre de pré-calцинаção < 4,5
- Alimentação de farinha do forno acima de 140 t/h.

A Resolução 264/1999 do CONAMA preconiza que devem existir sistemas de controle e monitoramentos que possibilitem realizar a atividade do coprocessamento com segurança. Um deles é o sistema de intertravamento, possibilitando assim que, quando necessário haja a interrupção e a retomada da alimentação dos resíduos. Desta forma, está instalado um sistema de intertravamento no forno de clínquer da CIMPOR (Quadro 9).

Parâmetro	Condição	Temporização
Material particulado – MP	>65 mg/Nm ³	2 min alarma
Material particulado – MP	>70 mg/Nm ³	20 min bloqueia a balança
CO	>400 ppmv	2 min alarma
CO	>500 ppmv	20 min bloqueia a balança
O2	<4 %	2 min alarma
O2	<3%	20 min bloqueia a balança
THC	>18 ppmv	2 min alarma
THC	>20 ppmv	20 min bloqueia a balança
Temperatura da pré-calцинаção	<800°C	20 min bloqueia a balança
Temperatura entrada do filtro	>200°C	20 min bloqueia a balança
Pressão cabeçote do forno	>0 mmca	20 min bloqueia a balança
Pressão saída da torre de pré-aquecimento	>0 mmca	20 min bloqueia a balança
Pressão entrada filtro	>0 mmca	20 min bloqueia a balança
O ₂ Analisadores torre de pré-calцинаção	<1%	20 min bloqueia a balança

Quadro 8: Intertravamento do sistema de adição de resíduos

Fonte: CIMPOR (2010)

2.13.1.1 Pneus picados

A técnica de utilização de pneus picados em fornos de clínquer requer um grande investimento inicial e também é de maior custo operacional, pois, os picadores de pneus são equipamentos que demandam significativos custos de manutenção e operação. Existe no mercado equipamentos de diversas capacidades de produção de pneus picados, que podem variar de U\$ 20.000 a U\$ 600.000. Nestas instalações, o custo final do pneu picado pode atingir cerca de U\$ 15 a tonelada. Os custos do pneu picado quando comparados os custos de utilização do pneu inteiro, são extremamente altos, porém, ao se utilizar o pneu picado o ganho operacional é muito maior, pois sofre variações muito menores dos níveis de parâmetros essenciais para o sistema de combustão, como o CO. Desta forma se permite utilizar grandes volumes de pneu picado em substituição aos combustíveis convencionais, resultando em grande economia no custo final do produto. Com uso de pneus picados, fornos com produções entre 1000 e 2500 t/dia de clínquer, podem atingir substituições de combustíveis de até 20% em calor, dependendo da disponibilidade e outros tipos de resíduos que são coprocessados. A decisão por uma técnica ou outra depende das características citadas acima e envolve uma criteriosa análise de viabilidade econômica e retorno do investimento.

A utilização de pneus picados no forno de clínquer na fábrica da CIMPOR foi iniciada em 2001. O processo tem início com o recebimento dos pneus sendo, posteriormente, realizada a picagem dos mesmos com o objetivo de se obter granulometria adequada ao processo produtivo de inserção dos resíduos no forno de clínquer. Para isto se utiliza um picador de pneus denominado de “CM-Speed Dual Tire Shredder”, que é projetado para processar grandes capacidades de pneus, que variam do pneu de automóvel ao pneu de caminhão. O produto obtido é denominado “chip de pneu” com granulometria máxima de até 50 mm. A produção nominal do equipamento é de até 12 toneladas por hora, considerando que um pneu inservível de automóvel pesa cerca de 5,0 kg, têm-se 2.400 pneus triturados por hora em capacidade plena.

A Figura 16 mostra o equipamento utilizado para realizar a picagem dos pneus.



Figura 16: Equipamento utilizado para picagem de pneus na CIMPOR

Fonte: CM (2010)

O pneu picado pronto para o coprocessamento é então transportado por caminhões tipo basculante até o galpão de coprocessamento, que contém baias específicas para cada tipo de resíduo. A alimentação é realizada nas moegas através de pás-carregadeiras, onde o material é encaminhado através de correias transportadoras diretamente para o pré-calcinador, onde em contato direto com a farinha, o pneu picado é queimado, aquecendo o sistema e ajudando na descarbonatação da farinha (Figuras 17, 18, 19 e 20).



Figura 17 - Pneus picados para coprocessamento

Fonte: SNIC (2008)



Figura 18 - Correia transportadora de resíduos

Fonte: SNIC (2008)



Figura 19 - Galpão de resíduos para coprocessamento
Fonte: CIMPOR (2010)

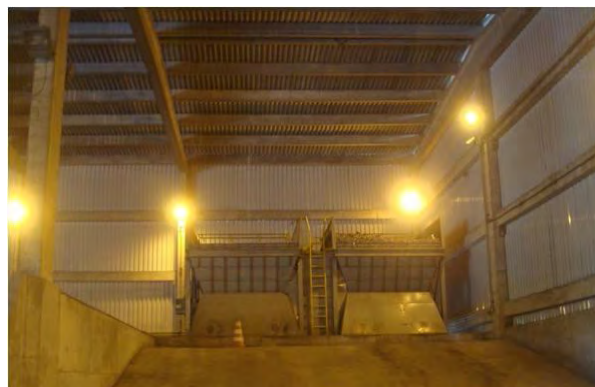


Figura 20 - Moegas para alimentação de resíduos
Fonte: CIMPOR (2010)

2.13.1.2 Pneus inteiros

Esta técnica é caracterizada, principalmente, pelo baixo custo de investimento e, permite a alimentação desde pneus de caminhões, automóveis ou menores. Permite a alimentação dos pneus em dois pontos distintos dos fornos, que também é uma questão técnica a ser avaliada pela unidade cimenteira de acordo com a necessidade e estrutura disponível. Os pneus podem ser alimentados na pré-calcinação ou no próprio corpo do forno rotativo, em uma abertura criada para esta finalidade, onde são instaladas válvulas especiais comandadas por controladores lógicos programáveis. A alternativa de alimentação dos pneus no casco do forno é a menos utilizada.

A alternativa de utilização dos pneus inteiros possui algumas dificuldades técnicas, devido a um dos fatores mais importantes para a produção de um clínquer, que é a estabilidade térmica do forno rotativo, ou seja, as características altamente oxidantes do processo precisam ser mantidas, pois as variações no processo de combustão são perigosas para a qualidade do clínquer. A taxa de alimentação dos pneus não afeta a qualidade do clínquer, porém, a forma com que os mesmos são introduzidos no forno pode influenciar as emissões de CO nos gases de exaustão, que de acordo com sua variação e os níveis alcançados causam instabilidade no processo, provocando formação de colagens no forno e na torre de aquecimento/calcinação, levando às vezes a interrupção da produção, causando prejuízos e prejudicando a qualidade final do produto. Este é o maior problema técnico ligado à alimentação dos pneus inteiros, pois, ao ser introduzido tanto na caixa de fumaça como através do casco, provocam uma elevação instantânea no nível CO no sistema a cada pneu

alimentado e, estes picos repetidos a cada pneu, acabam por provocar transtornos operacionais. Além do que, a utilização de pneus inteiros no coprocessamento pode diminuir os gastos com a trituração, porém pode acarretar maiores custos com transporte e armazenamento.

Em Janeiro de 2007, foi iniciada a utilização de pneus inteiros na fábrica da CIMPOR em caráter experimental, devido ao recebimento elevado de pneus de caminhão e dificuldade em triturá-los no picador de pneus. A técnica é utilizada apenas para pneu de caminhão, que após recebidos são armazenados em galpões cobertos e encaminhados posteriormente para alimentação direta no forno. É realizado o transporte dos pneus até a base do elevador de correntes (Figuras 21 e 22), que através de garras, prende o pneu e o eleva até o piso do sistema de alimentação. O elevador encaminha o pneu até uma calha transportadora em forma de rampa (Figura 23), que possui em sua extremidade um sistema de alimentação composto por duas válvulas tipo guilhotina, que intercalam sua abertura no momento da inserção do pneu no forno (Figura 24). O mecanismo de abertura pode variar de acordo com os ciclos de alimentação solicitados, que podem variar de 3 a 4 minutos.



Figura 21: Elevador para dosagem de pneus inteiros



Figura 22: Base do elevador para dosagem de pneus inteiros

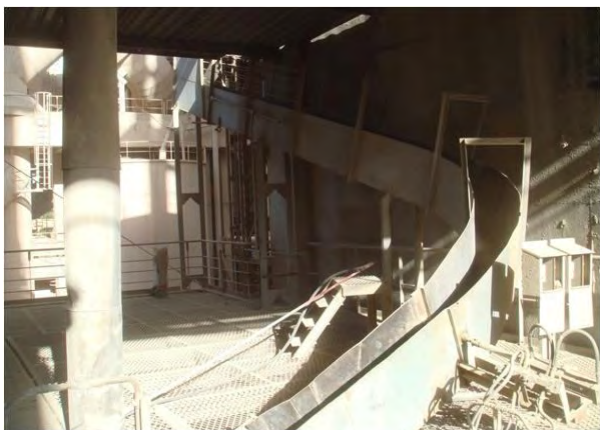


Figura 23: Rampa do sistema de dosagem de pneus inteiros



Figura 24: Inserção do pneu inteiro no forno

2.14 Programa Nordeste Rodando Limpo

O Programa Rodando Limpo foi iniciado na cidade de Curitiba no ano de 2001, e estendido para todo o Estado do Paraná no ano de 2002, tendo como principais objetivos combater problemas de saúde pública. Após 15 meses, o programa coletou e reciclou mais de 400 mil pneus, conseguindo erradicar a dengue no estado do Paraná. O programa foi realizado pela empresa BSColway e a Petrobrás em conjunto com a Secretaria de Saúde Pública, Meio Ambiente, e das Prefeituras do estado do Paraná (RIBEIRO, 2005).

Com o pequeno fluxo de pneus recebidos pela CIMPOR na cidade de João Pessoa após o licenciamento ambiental da atividade de coprocessamento, foi necessária uma grande intervenção que possibilitasse a logística reversa dos mesmos, para suprir a demanda do forno de produção de clínquer. Sendo assim, foi iniciado o Programa Nordeste Rodando Limpo, espelhado no Programa Rodando Limpo.

Sendo assim, no mês de março de 2005 o Programa Nordeste Rodando Limpo foi implantado no estado da Paraíba, através da CIMPOR e BSColway em parceria com a Prefeitura Municipal de João Pessoa e o Governo do Estado da Paraíba. O programa consiste na coleta e entrega dos pneus inservíveis através de catadores e cooperativas na fábrica da CIMPOR, localizada no bairro da Ilha do Bispo, na cidade de João Pessoa/PB, onde serão utilizados no forno de clínquer.

3 METODOLOGIA

Inicialmente neste trabalho de pesquisa foi realizada ampla revisão bibliográfica e documental em diversas fontes de informações técnicas e científicas, visando investigar os tópicos e conceitos básicos sobre pneumáticos inservíveis, legislações sobre resíduos sólidos urbanos e pneumáticos inservíveis, assim como alternativas de gerenciamento da disposição final e tecnológicas existentes para disposição final adequada.

Procurou-se evidenciar a técnica de utilização dos pneus inservíveis no forno de clínquer da CIMPOR, fábrica de cimento localizada na cidade de João Pessoa – PB, assim como, o tipo de operação para a alimentação e controle.

Buscando mensurar as informações referentes à coleta dos pneus inservíveis, dados relevantes foram obtidos com a CIMPOR, a cerca do Programa Nordeste Rodando Limpo, desenvolvido em parceria com a BSColway.

Com o intuito de avaliar o perfil social dos catadores e os benefícios alcançados com a atividade de coleta de pneus inservíveis, foi aplicado um questionário (ver anexo) numa amostra 25,92% do universo dos 81 catadores que realizam a entrega de pneus, tendo por referência o cadastro existente na CIMPOR no período de 09 a 20 de novembro de 2009. De posse dos resultados foi realizada análise de interpretação e traçado o perfil sócio-econômico dos mesmos, benefícios que a atividade lhes proporcionou e informações ambientais da coleta dos pneus inservíveis.

Para verificar os benefícios diretos a saúde pública, foi realizada uma entrevista aberta (ver anexo) com a Secretaria de Saúde do Estado da Paraíba, devido o pneu ser considerado um dos principais responsáveis pela propagação do vetor da dengue, assim como, análise da situação atual de ações adotadas na cidade de João Pessoa - PB, através dos responsáveis diretos e indiretos pelo resíduo.

Foram verificadas as taxas de emissões atmosféricas de fontes fixas durante o coprocessamento de pneus inservíveis, através de relatórios anuais de medições atmosféricas nas chaminés, e comparados com as legislações vigentes, assim como, mensuradas as emissões atmosféricas evitadas no transporte de coque de petróleo com sua substituição por pneus inservíveis do porto de Cabedelo a João Pessoa.

Por fim, realizado um comparativo das características dos combustíveis convencionais utilizados no forno de clínquer versus os pneus inservíveis, através de análises físicas e

químicas, através de dados relevantes coletados junto a CIMPOR, possibilitando verificar a viabilidade econômica da utilização dos pneus, mensurando os ganhos econômicos gerados.

4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

4.1 Perfil dos catadores de pneus em João Pessoa

Após a coleta de dados com 21 entrevistados que realizam a entrega de pneus, foram analisados os dados sociodemográficos dos participantes da pesquisa, buscando estabelecer relações quanto ao gênero, escolaridade, estado civil, idade, filhos. Dos catadores entrevistados a totalidade (100%) é do sexo masculino. Em relação à distribuição por faixa etária, foi observada uma variação de 21 a 70 anos, sendo que mais da metade (52,3%) possui idade entre 41 e 50 anos e 28,5% de 51 a 60 anos (Figura 25). Em pesquisa realizada por Bosi (2008) cerca de 50% dos entrevistados possui idade predominante entre 41 e 60 anos. Segundo Nóbrega (2002) em 61% dos 223 municípios da Paraíba existem menores de 18 desempenhando a catação de materiais recicláveis. Na atual situação econômica do Brasil, a idade está contida nos fatores que afetam predominantemente a forma de participação no mercado de trabalho formal, sendo mais favorável para admissão de jovens. Diferentemente do que ocorre na coleta de resíduos, devido a não existir critérios de seleção para realizar a atividade.

Quanto à escolaridade, 42,8% não concluíram o ensino fundamental e 19% tem o ensino fundamental completo (Figura 26). A pesquisa registrou a existência de um catador que se encontrava cursando o ensino superior à época. A baixa escolaridade foi também observada em trabalhos anteriores, realizadas por Magera (2003) e Bosi (2008). Segundo os mesmos autores, o grau de escolaridade é um dos motivos que leva as pessoas a estarem no mercado informal de trabalho.

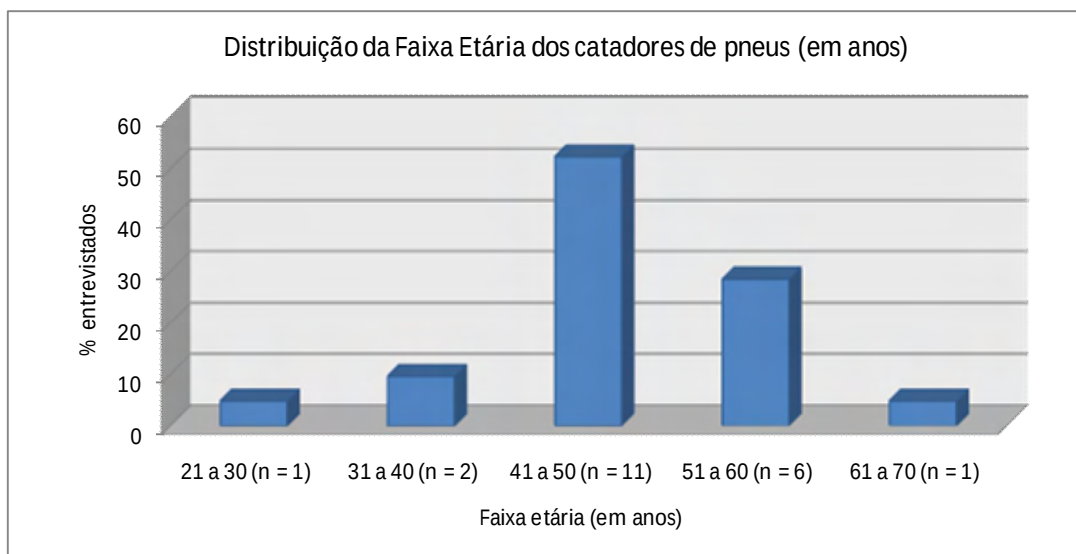


Figura 25: Distribuição da faixa etária dos catadores de pneus (em anos)

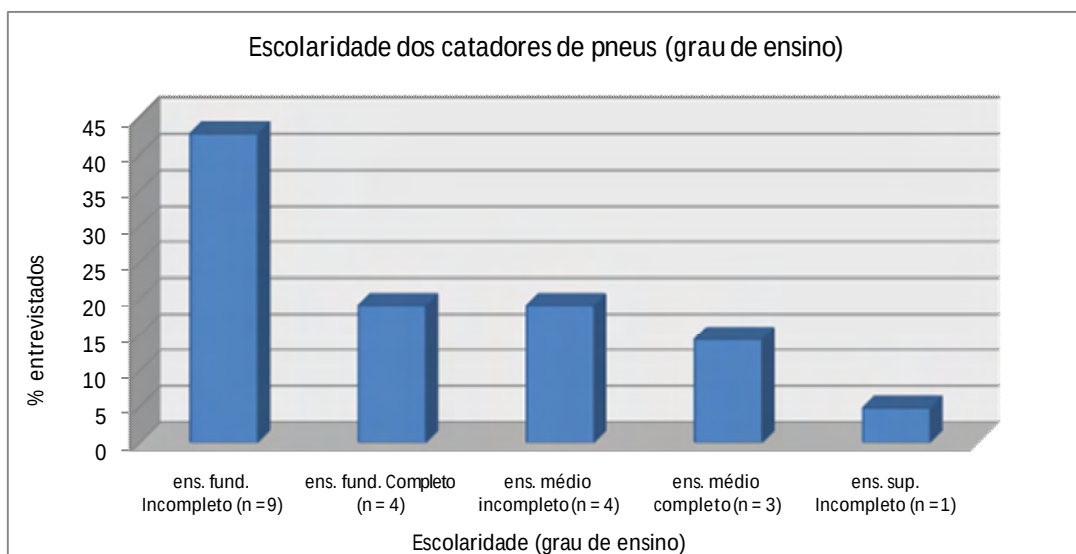


Figura 26: Distribuição de escolaridade dos catadores de pneus (grau de ensino)

João Pessoa é o município de origem da maioria dos entrevistados: 42,8%. Há ainda, 23,8% provenientes do município de Bayeux, que são respectivamente os locais mais próximos ao ponto de entrega dos pneus, que é localizado no bairro da Ilha do Bispo em João Pessoa, conforme mostra a Figura 27. Apenas 14,2% são provenientes de outros municípios paraibanos mais afastados da capital, sendo eles: Esperança e Guarabira, localizados na

Paraíba e apenas um catador é proveniente do município de Paulista, no Estado de Pernambuco, localizado a 109 km de João Pessoa.

A maioria (95%) dos entrevistados é apontada como chefe de família, ou seja, responsáveis pelo sustento financeiro de toda família, que em 42,8% dos casos é composta por quatro pessoas e 33,3% responderam que a família é composta por mais de sete pessoas.

Para 33,3 % dos entrevistados a atividade de coleta de pneus é a principal fonte de renda, os outros 66,6% desempenham outras atividades, sendo que nesta outra atividade, a maioria é relacionada a “frete” de materiais, que muitas vezes voltam para suas localidades com carregamento de cimento da própria CIMPOR.

Em termos de rendimentos mensais verificou-se que a remuneração média encontrada em 52% dos entrevistados está entre 1 e 3 salários mínimos e 23,8% possuem remuneração abaixo de 1 salário mínimo. Apenas com a coleta dos pneus, 28,6% dos entrevistados arrecadam mensalmente mais de R\$ 200,00 (duzentos reais), conforme Figura 28. Segundo Martins (2007), os catadores de resíduos da cidade de Brasília, cerca de 50% obtém menos da metade de um salário mínimo por mês.

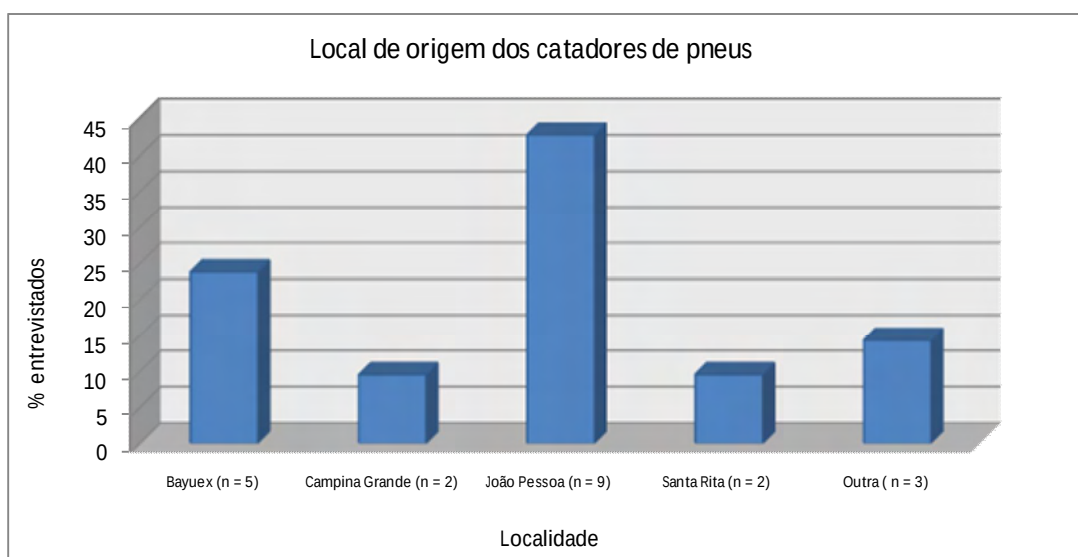


Figura 27: Local de origem dos catadores de pneus

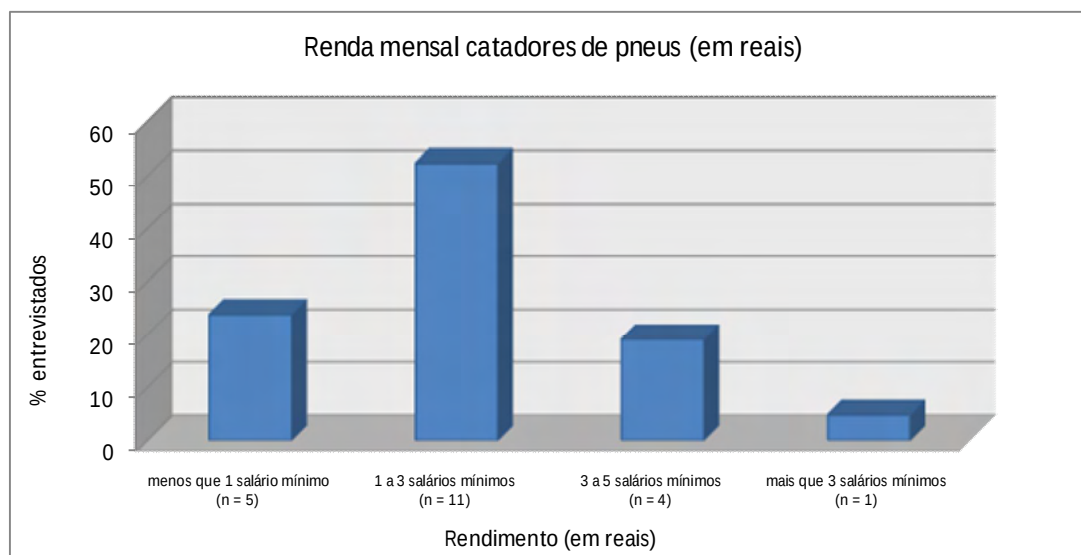


Figura 28: Renda mensal dos catadores de pneus (em Reais)

Quando perguntado quantos pneus são entregues mensalmente, a maioria (66,7%) respondeu que mais de 200 pneus, enquanto 28,6% realizam a entrega de 51 a 200 pneus (Figura 29). A maioria (95%) realiza a entrega dos pneus através de veículo motorizado e apenas 5% através de carroça de mão. A pesquisa revela que 61,9% dos pneus são coletados diretamente em borracharias, 23,8% em empresas, como borracharias e recauchutadoras e apenas 14,3% são recolhidos diretamente das ruas, demonstrando que ao valorizar o pneu inservível, foi estabelecido um mecanismo de coleta por meio da sociedade, retirando-o das ruas e minimizando os possíveis impactos que o seu acondicionamento inadequado pode acarretar.

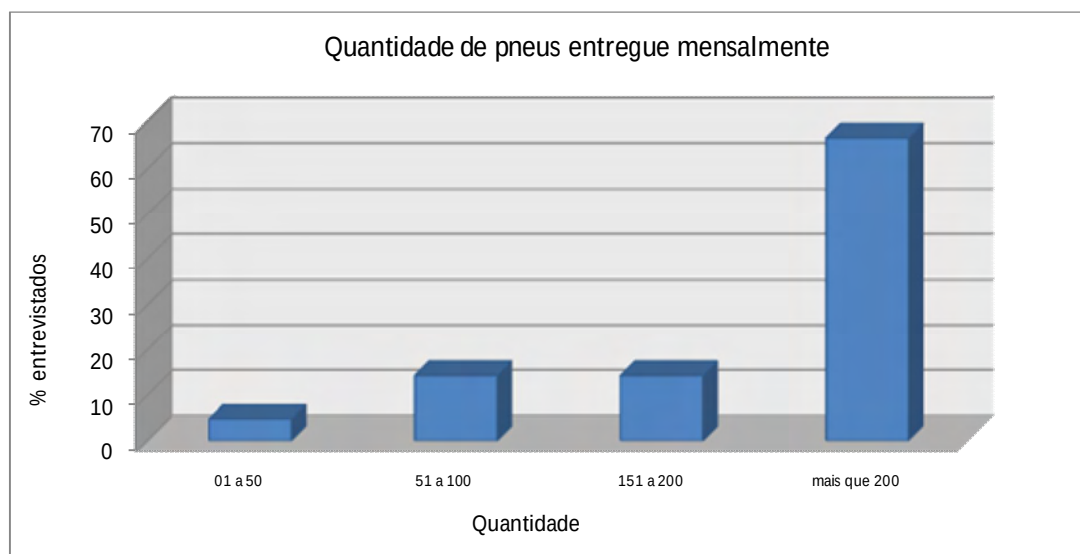


Figura 29: Quantidade de pneus entregue mensalmente a CIMPOR

Em termos de aquisição de produtos ou serviços com os rendimentos adquiridos com a coleta de pneus, 47,6% dos entrevistados empregam os rendimentos na aquisição de alimentação para a família, enquanto que 42,8% utilizam na melhoria e manutenção do transporte responsável pela coleta dos pneus e 9,5% empregaram os rendimentos na aquisição de móveis e eletrodomésticos.

4.2 Benefícios sociais

4.2.1 Renda dos catadores de pneus

A inserção dos pneus inservíveis como item de coleta para os catadores de resíduos significou um ganho importantíssimo no que diz respeito ao aumento da sua renda mensal, uma vez que a receita de R\$ 2.097.712 (U\$ 1.171.906,14), foi repassada aos catadores no período de março de 2005 a dezembro de 2009, ocasionando a retirada de 26.568,90 toneladas de pneus inservíveis de ruas, terrenos baldios, depósitos improvisados e residências do Estado da Paraíba (Tabela 1). Com a inserção do pneu inservível como item de coleta para os

catadores de resíduos, foi criada automaticamente um mecanismo de coleta, onde os catadores realizam diretamente em empresas e residências.

Para cada tipo de pneu coleta é estipulado um valor para pagamento. Para cada pneu de automóvel entregue é pago o valor de R\$ 0,40, para o pneu de caminhonete é pago R\$ 0,80 e o de caminhão tem o valor de R\$ 2,00.

ANO	QUANTIDADE DE PNEUS (t)	REND A (R\$)	REND A (U\$)
2005	3093,03	247.442,40	138.235,75
2006	5.624,87	449.989,60	251.390,83
2007	5.416,00	433.280,00	247.642,45
2008	8.519,00	681.000,00	380.446,92
2009	3.916,00	286.000,00	159.776,53
TOTAL	26.568,90	2.097.712,00	1.171.906,14

Tabela 1: Quantidade de pneus coletados pelo Programa Nordeste Rodando Limpo
Fonte: CIMPOR (2010)

O Programa Nordeste Rodando Limpo foi subsidiado pelo Instituto BSColway até o mês de dezembro de 2007, quando por decisão do Supremo Tribunal Federal foi proibida a importação dos pneus usados, essenciais para o processo de remoldagem de pneus, ocasionando o fechamento fábrica BSColway. Desta forma o Programa passou no ano de 2008, a ser realizado exclusivamente pela CIMPOR, que para dar continuidade ao mesmo, necessitou baixar o valor pago aos catadores pela metade, continuando desta forma até o final do ano de 2009. Onde pode-se notar uma queda de 54,04% de pneus recebidos em relação ao mesmo período de 2008. No início de 2010, a RECICLANIP assumiu o controle do recebimento dos pneus, passando a não mais pagar pelos pneus aos catadores.

Percebe-se então, que para a continuidade da sistemática de coleta é necessário valorizar o pneu inservível, tornando o Programa de coleta auto-sustentável, uma vez que o mesmo é valorizado como combustível nos fornos de clínquer, pois de forma contrária a responsabilidade da coleta recai mais uma vez para os Órgãos Públicos, tornando-se acima de tudo, uma grave questão de saúde pública.

4.2.2 Benefícios a saúde pública

Em 2007 foram confirmados 10.683 casos de dengue no Estado da Paraíba, já em 2008 foram confirmados 7.735 casos, significando uma redução de 27,6%. No período de 2000 a 2008 a taxa de incidência de dengue no município de João Pessoa, foi a maior observada no Brasil. O município registrou em 2007, 505,5 casos por 100 mil habitantes (BRASIL, 2009). Desta forma, a grande quantidade de casos registrados nos últimos anos, faz com que as autoridades competentes pela saúde pública realizem ações para minimizar e eliminar este problema.

A Figura 30 mostra os casos e internações por dengue na Paraíba no período de 2000 a 2008.

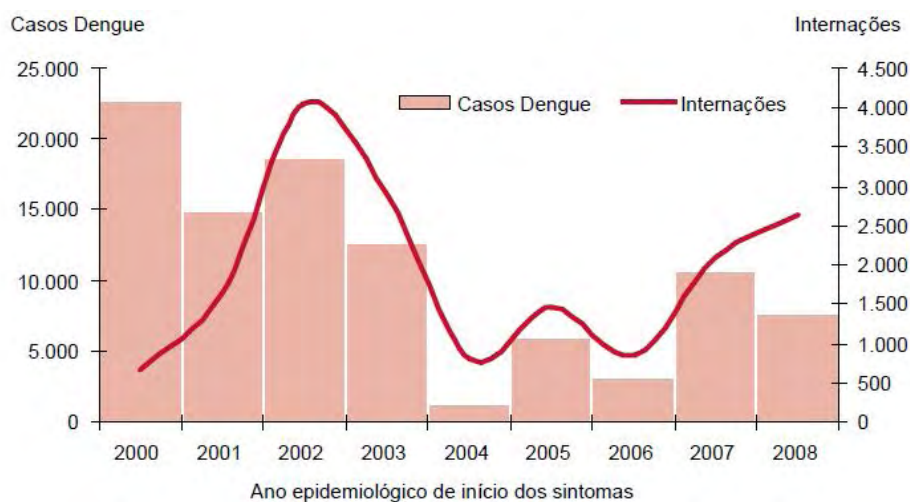


Figura 30: Número de casos e internações por dengue na Paraíba
Fonte: BRASIL (2009)

Conforme mencionado no capítulo 2, os pneus inservíveis são um dos mecanismos de proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, visto que coletam água das chuvas com facilidade, sendo de difícil eliminação, além de apresentar espaço físico para fácil deslocamento do mosquito e interior escuro, que são condições ideais para reprodução do vetor. Portanto, deve-se realizar a coleta e descarte adequados dos mesmos, para que não se transforme num problema de saúde pública, causando grandes transtornos à população.

Segundo informações fornecidas através de entrevista aberta em 2010, pela Secretaria de Saúde do Estado da Paraíba – SESPB:

“A coleta de pneus inservíveis no município de João Pessoa-PB é realizada desde 1997 com o objetivo de minimizar os criadouros do mosquito transmissor da dengue. Porém, sem opção para a correta destinação final, os pneus eram queimados a céu aberto, no bairro de Mangabeira. Posteriormente o direcionamento da destinação final dos pneus foi alterado, e os mesmos passaram a ser encaminhados para uma Associação de Pescadores localizada na Praia da Penha que passaram a levá-los para o mar na perspectiva de servirem como local para reprodução de peixes.”

Com o coprocessamento de pneus inservíveis na fábrica da CIMPOR sendo iniciado no ano de 2001, e o Programa Nordeste Rodando Limpo em 2005, uma nova possibilidade de destinação aos pneus inservíveis gerados na cidade de João Pessoa, que por sua vez é definitiva sem geração de passivos ambientais.

Todos os bairros de João Pessoa foram beneficiados, porém, o bairro que mais necessitava de uma coleta periódica foi o do Varadouro, por possuir um grande número de oficinas automotivas e “sucatas metálicas”, gerando um grande número de pneus inservíveis. Em termos quantitativos, não foi possível mensurar valores economizados pela SESPB no combate a dengue no município de João Pessoa - PB, por não existir estudo direcionado, mas, empiricamente pode-se afirmar que a partir da redução do número de criadouros que o agente ambiental necessita inspecionar e aplicar o praguicida há uma redução significativa de custos e melhoria no trabalho.

Como o Estado da Paraíba ainda não possui um ecoponto mantido pela RECICLANIP, a SES entende que não só o município de João Pessoa, porém todos os demais municípios da Paraíba necessitam estruturar seus locais para armazenamento dos pneus inservíveis.

Até o final do ano de 2009, a CIMPOR pagava ao catador por pneu recolhido, porém a partir de janeiro de 2010 a RECICLANIP assumiu toda logística do programa e não mais está pagando pelos pneus. Com isto, desestruturou-se toda uma rede de recolhimento que existia. A SESPB, através da Vigilância Ambiental articulou uma parceria com os municípios paraibanos buscando uma reorganização no fluxo de coleta, armazenamento, transporte e destino final, sendo: a coleta e o armazenamento de responsabilidade dos municípios, transporte do local de armazenamento de responsabilidade do Governo do Estado e o destino final da fábrica da CIMPOR. Alguns municípios da área metropolitana recolhem e encaminham diretamente para a fábrica. Esta iniciativa da participação do estado no

transporte dos pneus é transitória, pois entende-se que a legislação vigente, quanto ao recolhimento de pneus, deve ser cumprida pelos fabricantes. Desta forma busca-se a participação da RECICLANIP, entidade que foi referenciada como responsável pelo transporte até o destino final, porém as exigências solicitadas estão fora da realidade atual do Governo do Estado e demanda-se tempo para adequação.

4.3 Benefícios ambientais

4.3.1 Economia de combustíveis fósseis

A economia de recursos não-renováveis foi verificada na redução do consumo de coque de petróleo com a substituição dos pneus inservíveis. Como o Poder Calorífico Inferior (PCI) de ambos é conhecido (Quadro 10), é possível relacionar os dois combustíveis, da seguinte forma: 1,00 tonelada de pneus inservíveis equivale a 1,01 toneladas de coque de petróleo, ou seja, para se obter o mesmo PCI deve-se utilizar uma maior quantidade de coque de petróleo no forno de clínquer. No período de março/2005 a dezembro/2009 foram utilizadas 18.880,29 toneladas de pneus no forno de clínquer, representando uma redução de 18.874,06 toneladas de coque de petróleo.

Item	Coque	Pneu inservível
PCI (Kcal/Kg)	8.192,41	8.302,28
Percentual de S (%)	6,46	1,72
Preço do Produto (R\$/t)	170,00	80,00

Quadro 9: Características dos combustíveis

Fonte: CIMPOR (2010)

Quando comparado o consumo de combustíveis convencionais com o consumo de pneus inservíveis no período de março de 2005 a dezembro de 2009 (Tabela 2), pode-se perceber o aumento gradativo da utilização do pneu inservível, levando-se em conta também o aumento da produtividade do período citado.

<i>Período</i>	<i>Produção de Clínquer</i>	<i>Coque(t)</i>	<i>Pneus inservíveis(t)</i>
2005(mar-dez)	486.188,00	51.952,25	2044,07
2006	540.705,00	56.143,76	3191,61
2007	562.126,00	63.653,50	4894,75
2008	523.607,00	52.093,78	4364,58
2009	489.936,00	49.333,89	4385,53

Tabela 2: Consumo de combustíveis não-renováveis

Fonte: CIMPOR (2010)

4.3.2 Emissões atmosféricas geradas

4.3.2.1 Fontes fixas

Essencialmente em um processo de co-processamento de resíduos, está a questão do controle das emissões atmosféricas. A substituição de um combustível não-renovável e com alto teor de enxofre, como o coque de petróleo, pelo pneu picado, além de possuir atrativos de ordem econômica, possui uma que vai mais além, que é a utilização de um “combustível mais limpo”.

Segundo Souza (2000), normalmente, quando se utiliza o pneu inservível como combustível nos fornos de clínquer, as emissões geradas quando comparadas com os limites permissíveis nas legislações de vários países, ficam abaixo dos padrões exigidos.

Na fábrica da CIMPOR são monitorados de forma contínua, os seguintes parâmetros: material particulado (MP) através de opacímetro e óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), oxigênio (O₂) e hidrocarbonetos (THC), através de medidor de gases. Além de ser realizado o automonitoramento, onde relatórios são enviados mensalmente ao Órgão Ambiental competente com as concentrações dos parâmetros medidos continuamente. Anualmente é realizado por empresa externa, um monitoramento das emissões dos parâmetros monitorando continuamente, além de metais pesados, dioxinas e furanos e outros.

Como base de dados, foram utilizadas as emissões realizadas anualmente por empresa externa para realizar o comparativo das emissões geradas com a legislação vigente.

As Figuras 31 e 32, mostram as emissões de Material Particulado, SO_x e NO_x no período de 2006 a 2009.

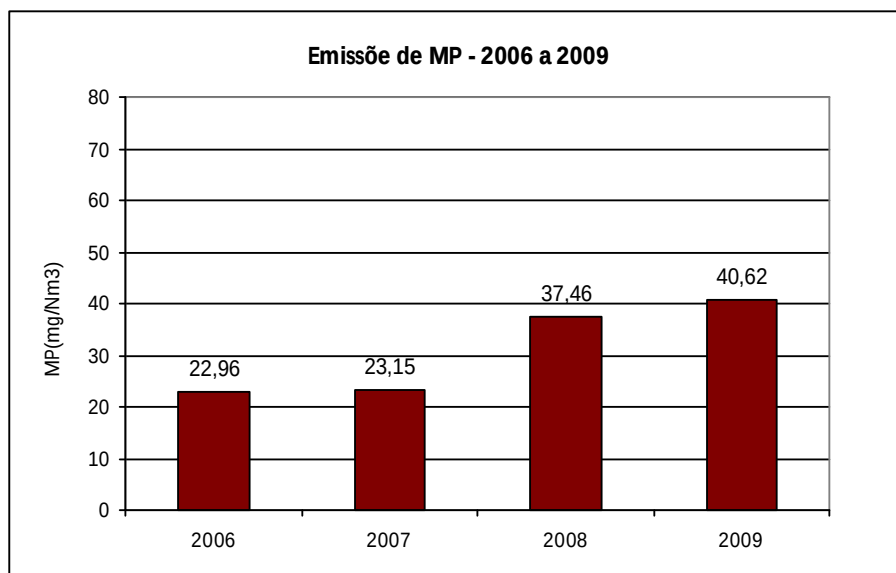


Figura 31: Emissões atmosféricas de Material Particulado

Fonte: CIMPOR (2010)

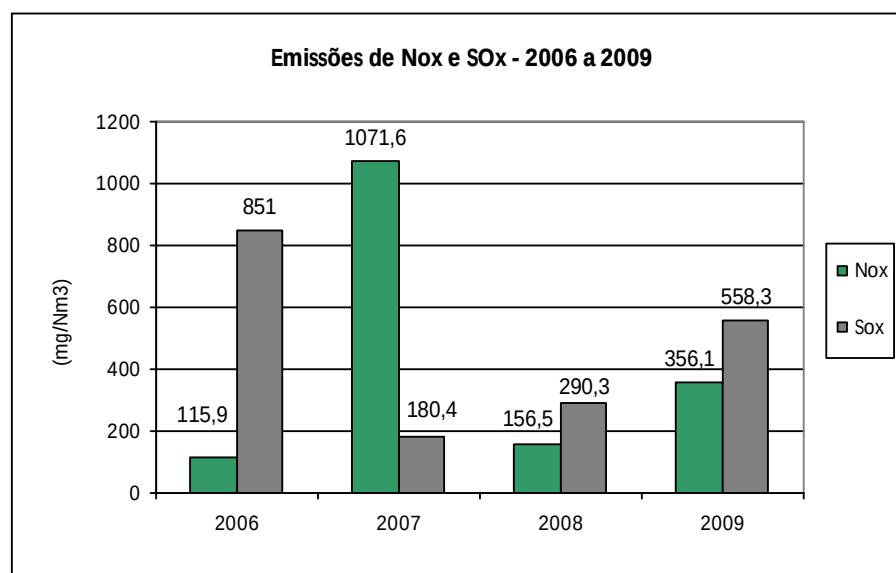


Figura 32: Emissões atmosféricas de NOx e SOx

Fonte: CIMPOR (2010)

Os valores de medições anuais de material particulado no período citado com a utilização de resíduos no forno de clínquer da CIMPOR, incluindo os pneus inservíveis, indicaram que as emissões estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução nº 264/99 do CONAMA, que preconiza $70,00 \text{ mg/Nm}^3$, sendo o ano de 2009 onde verificou-se a maior concentração de emissões da ordem de $40,62 \text{ mg/Nm}^3$. Uma das possíveis causas para esse aumento de emissão pode ser a vazão dos gases do processo produtivo, que é diretamente ligada à emissão de MP. O material particulado por ser o grande agente poluidor da indústria cimenteira, é bem controlado, através de sistemas de desempoeiramento, que atualmente são os filtros de mangas e possuem eficiência acima de 99%.

Os parâmetros NO_x e SO_x não possuem valores limites estabelecidos na legislação federal, sendo de responsabilidades dos Órgãos Ambientais locais, que podem estabelecer parâmetros de controle, de acordo com as especificidades de cada local e de acordo com o teste de queima. Na Paraíba não existem limites para estes poluentes. As Figuras 33, 34 e 35 mostram respectivamente as emissões de metais e dioxinas e furanos medidos no período de 2006 - 2008 - 2009.

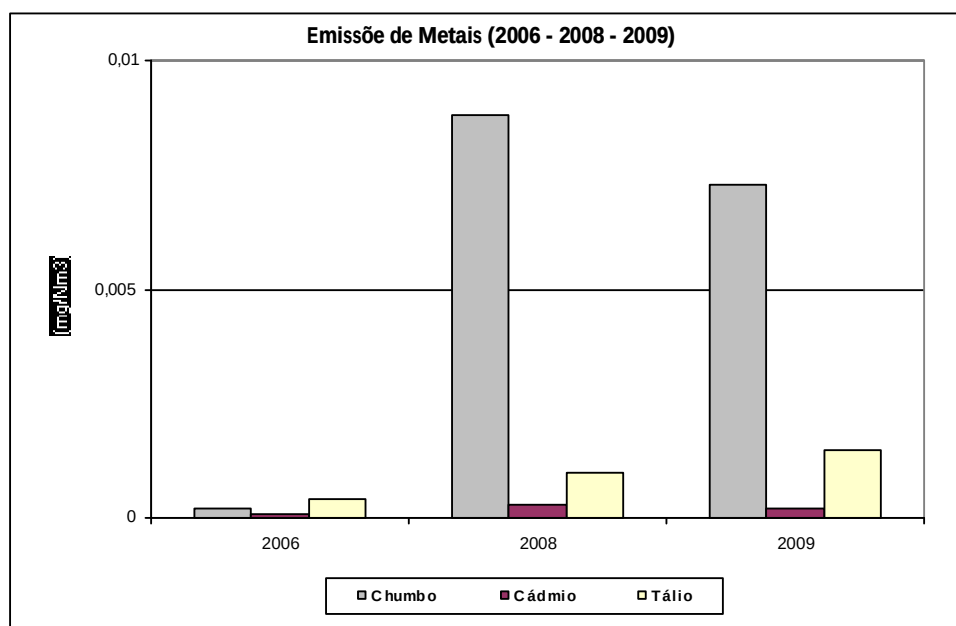


Figura 33: Emissões atmosféricas de Metais
Fonte: CIMPOR (2010)

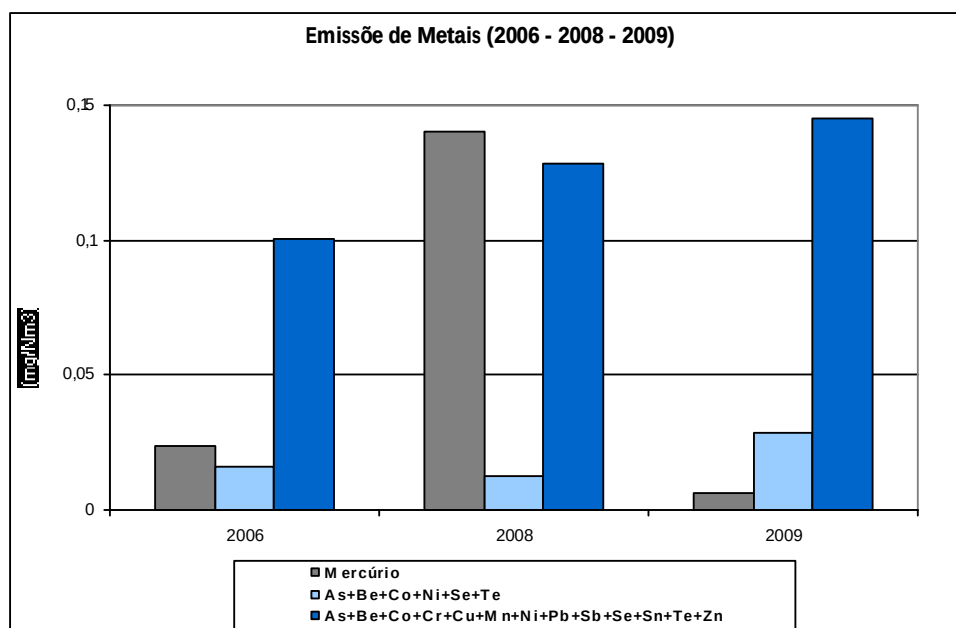


Figura 34: Emissões atmosféricas de metais por tipo

Fonte: CIMPOR (2010)

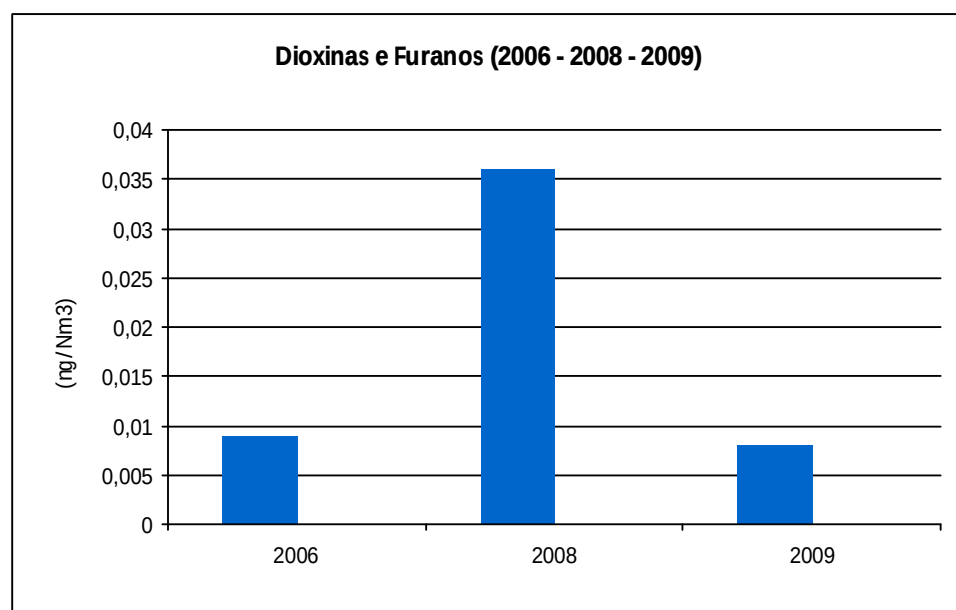


Figura 35: Emissões atmosféricas de dioxinas e furanos

Fonte: CIMPOR (2010)

As emissões atmosféricas apresentadas são resultantes do processo de combustão de diversos combustíveis, dentre eles o pneu inservível. A formação de compostos de nitrogênio (NO_x) está associada ao processo de combustão e características dos combustíveis utilizados. A redução das emissões foi iniciada no rigoroso controle do processo através da otimização das condições de queima (temperatura da chama, garantia de excesso de oxigênio e tempo de residência).

No processo de volatilização do enxofre presente nas matérias-primas que as emissões de SO_2 têm a sua principal origem, sendo menor sua contribuição nos combustíveis. Deste modo, como primeira medida de mitigação das emissões de SO_2 deve-se ter controle e gestão da exploração das matérias-primas utilizada, assim como na escolha de combustíveis com menores teores de enxofre. A redução das emissões de SO_2 foi verificada através da concentração de enxofre presente nos dois combustíveis. No coque de petróleo encontra-se 6,46% de enxofre, enquanto o pneu inservível apresenta apenas 1,72% em sua composição, representando uma queda de 26,62% de Enxofre nas emissões de SO_2 , pois praticamente todo enxofre existente no combustível se oxida para SO_2 .

A presença de metais nas emissões tem origem nas matérias-primas e combustíveis utilizados no processo. O teor de metais no processo é bastante variável, embora sempre com níveis muito baixos. Vale ressaltar que a regulamentação da Resolução Nº 264/1999 do CONAMA, considera limites para emissão de metais agrupados, não sendo considerados em separado, exceto o chumbo, mercúrio, cádmio e tálio. O seu comportamento no forno depende fundamentalmente da volatilidade. Por esta razão, o mercúrio, metal extremamente volátil, surge como o elemento que mais se reflete em termos de emissões gasosas. O valor limite de emissão deste composto encontra-se estabelecido nos fornos que utilizem resíduos. Este valor situa-se em $0,05 \text{ mg/Nm}^3$ e a média das medições não contínuas realizadas no ano de 2009, que foi de $0,006 \text{ mg/Nm}^3$. Outro metal encontrado nas medições atmosféricas foi o chumbo, que se mostrou mais evidente nos anos de 2008 e 2009, a exposição ao chumbo está ligada a desvios no neuro-desenvolvimento, comportamental, hematológico e hipertensão (SIQUEIRA, 2005).

As dioxinas e furanos fazem parte de um grupo de poluentes denominados Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), cujos efeitos adversos se encontram associados à sua toxicidade e, conseqüente, impacto ambiental e na saúde pública. Na indústria cimenteira a emissão destes compostos é bastante reduzida. As medições pontuais efetuadas periodicamente nas chaminés dos fornos demonstram que as emissões de dioxinas e furanos

encontram-se abaixo do valor limite $0,5 \text{ ng/Nm}^3$, o maior valor encontrado foi de $0,036 \text{ ng/Nm}^3$.

Com o crescimento da atividade de coprocessamento foi realizada a instalação de novos sistemas de controle de poluentes, visando à minimização das emissões atmosféricas geradas. Desta forma, a substituição de precipitadores eletrostáticos por filtros de mangas nos sistemas: resfriador de clínquer e moagem de cru/forno (Figuras 36 e 37), respectivamente nos anos de 2008 e 2009, possibilitou uma maior eficiência no controle das emissões de material particulado na fábrica da CIMPOR.



Figura 36: Filtro de mangas - resfriador de clínquer



Figura 37: Filtro de mangas - moagem de cru/forno

4.3.2.2 Fontes móveis

Com a utilização do pneu inservível em substituição ao coque de petróleo, foram evitadas quantidades expressivas de CO₂. Pode-se mensurar a estimativa das emissões evitadas para os veículos que realizaram o transporte de 18.874,06 T de coque de petróleo economizadas com a utilização de 18.624,29 T de pneus inservíveis no período de março de 2005 a dezembro de 2010.

O percurso a ser estudado será do Porto de Cabedelo a fábrica da CIMPOR, local onde é recebido o coque através de navios. A distância média percorrida pelos caminhões que realizam o transporte é de 35 km, desta maneira são gastos 70 km em cada viagem, levando em consideração o trajeto de volta para o referido porto.

O método utilizado foi o *bottom-up* descrito por Alvares Jr. e Linke (2001), Mattos (2001) e Kozerski e Hess (2006). Para os cálculos, foram utilizados dados da empresa responsável pela realização do transporte do coque de petróleo para a CIMPOR. Os dados obtidos estão apresentados no Quadro 10 e são relativos ao mês de agosto de 2010.

Veículo	Carreta	Caminhão Truck
Média de km rodado.viagem ⁻¹	70	70
Idade média da frota (anos)	3	3
Consumo médio de diesel (km rodado.L ⁻¹)	2	3
Capacidade máxima de coque na caçamba do caminhão (t)	27	14
Manutenção dos motores (kms rodados)	5.000	5.000
Quantidade de veículos	25	25

Quadro 10: Dados dos veículos que transportam o coque de petróleo

Fonte: TRANSPORTES MARAJÓ (2010)

O método consiste em duas equações. A primeira utiliza o consumo energético da atividade da fonte móvel. A segunda considera a quantidade em massa de poluente emitido por quilômetro rodado. Levando-se em conta a capacidade de carga dos veículos, foi calculada a quantidade de viagens necessárias para o transporte da carga total. Para o caminhão tipo “caçamba” foram necessárias 350 viagens e para o caminhão tipo “truck” foram necessárias 674 viagens. Para o cálculo das emissões de CO₂, utilizou-se a Equação 3.

As massas dos poluentes foram calculadas seguindo a expressão a seguir (Equação 2):

$$\text{Emissões}_i = \text{FE}_{i_{abc}} \times \text{Atividade}_{abc} \quad (2)$$

Onde:

Emissões_i - emissões de um gás i;

FE - fator de emissão do gás i;

Atividade - quantidade de energia consumida ou distância percorrida;

i - gás (CO, HC, NO_x);

a - tipo de combustível (gasolina, óleo diesel, gás natural, querosene de aviação, etc.);

b - tipo de veículo (automóvel de passeio, comercial leve, caminhão, etc.);

c - controles de emissão.

Levando-se em conta a capacidade de carga dos veículos, foi calculada a quantidade de viagens necessárias para o transporte da carga total. Para o caminhão tipo “caçamba” foram necessárias 350 viagens e para o caminhão tipo “truck” foram necessárias 674 viagens. Para os cálculos das emissões de CO₂, considerou-se a quilometragem rodada pelos veículos, utilizando-se a Equação 3:

$$\text{Emissões}_i = F \times \text{FE}_i \times \text{km}_{\text{média}} \quad (3)$$

Onde:

Emissões_i - emissões de um gás i;

F – Número de veículos

FE_i - fator de emissão do gás i;

km_{média} – Quilometragem média percorrida pela frota

Conforme Álvares Jr e Linke (2001), quando não se tem fatores de emissões locais, a estimativa de emissões de CO₂ deve ser realizada preferencialmente utilizando fatores de emissões equivalentes aos veículos pesados Europeus com autonomia de 3,3 km/L, devido à tecnologia de motorização utilizada no Brasil ser semelhante à utilizada na Europa. O Quadro 11 mostra o fator de emissão de CO₂ para veículos pesados a diesel.

Combustível	CO ₂ (g.km ⁻¹)
Diesel	770

Quadro 11: Fator de emissão de CO₂ para veículos a diesel

Fonte: Álvares Jr e Linke (2001)

Com os valores apresentados no Quadro 12, foram evitadas 55,19 T de CO₂ emitidos para atmosfera apenas no transporte do coque de petróleo do porto de Cabedelo a fábrica de cimento, relativo à quantidade de coque evitada através do coprocessamento de pneus no período estudado.

Média Km percorrida.carga total ⁻¹	71.680
CO ₂ (t.carga total ⁻¹)	55,19

Quadro 12: Cálculo das emissões de poluentes para cada tipo de veículo

4.4 Viabilidade econômica

No aproveitamento de resíduos, a melhor solução, é aquela em que o meio ambiente e o lucro estejam combinados de tal forma, que tanto as diretrizes do meio ambiente quanto o resultado financeiro sejam satisfatórios. Nesse estudo para a substituição do coque de petróleo, há as duas vertentes: a qualitativa, descrita pelas contribuições ambientais (menor utilização de combustíveis fósseis e minimização de emissões atmosféricas) e a quantitativa, descrita pela diminuição de custos de produção (substituição do combustível principal por um de menor preço) no forno de clínquer.

A seguir estão descritas as principais características químicas dos combustíveis convencionais e os principais resíduos utilizados como combustíveis alternativos na fábrica CIMPOR (Quadro 13). No que diz respeito ao poder calorífico, característica fundamental para o aproveitamento energético dos combustíveis, os valores se assemelham, onde se pode destacar ainda o percentual de enxofre do pneu, que é bem menor que o do coque, possibilitando assim, um menor percentual de emissões de enxofre.

Composição Química			Coque	Carvão Mineral	Pneu inservível	Borracha Sandália
Enxofre	(S)	%	6,46	0,95	1,72	1,45
Carbono	(C)	%	84,74	67,38	76,77	47,71
Hidrogênio	(H)	%	1,99	3,28	6,50	5,41
Nitrogênio	(N)	%	1,51	1,25	0,82	0,62
Umidade Total	(U)	%	4,76	5,88	5,50	6,80
Cinzas	(Z)	%	0,92	15,26	8,63	35,52
Materiais Voláteis	(MV)	%	10,38	27,32	64,29	63,07
Poder Calorífico Superior	(PCS)	Kcal/Kg	8.419,32	6.439,29	8.631,89	5.393,14
Poder Calorífico Inferior	(PCI)	Kcal/Kg	8.192,41	6.274,48	8.302,28	5.120,86

Quadro 13: Características de combustíveis utilizados na CIMPOR

Fonte: CIMPOR (2010)

A seguir será discutida vertente quantitativa, com a substituição de coque de petróleo por pneus inservíveis.

As Figuras, 38, 39, 40 e 41 mostram o percentual de substituição térmica dos combustíveis utilizados no forno de clínquer, incluindo combustíveis fósseis e resíduos diversos, dentre eles o pneu inservível.

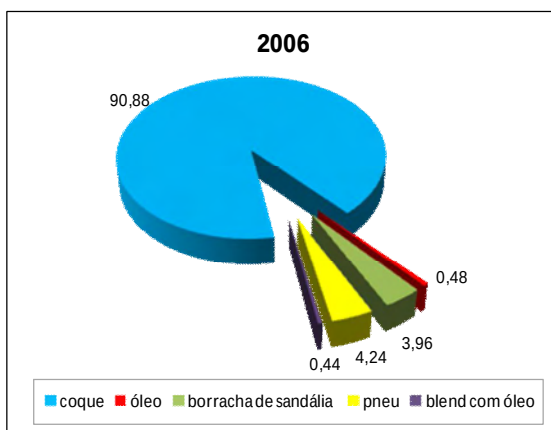


Figura 38: Percentual de substituição térmica - 2006
Fonte: CIMPOR (2010)

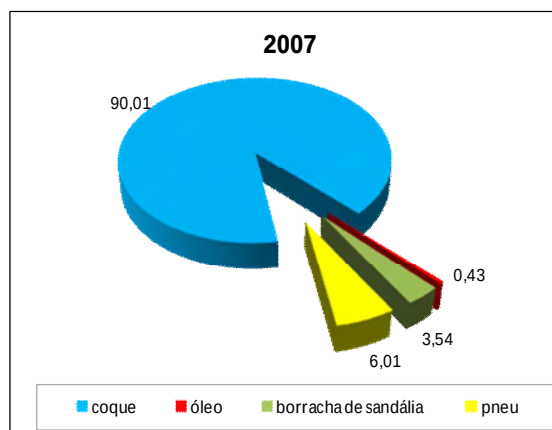


Figura 39: Percentual de substituição térmica - 2007
Fonte: CIMPOR (2010)

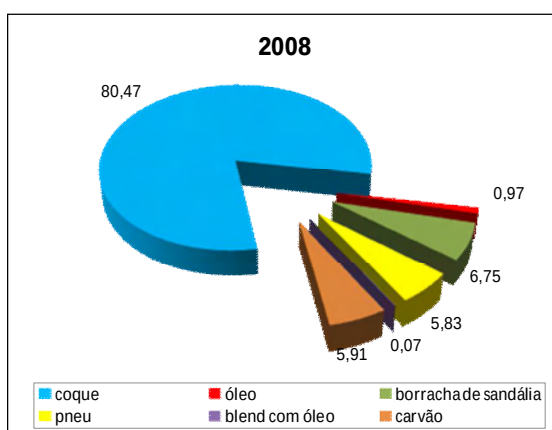


Figura 40: Percentual de substituição térmica - 2008
Fonte: CIMPOR (2010)

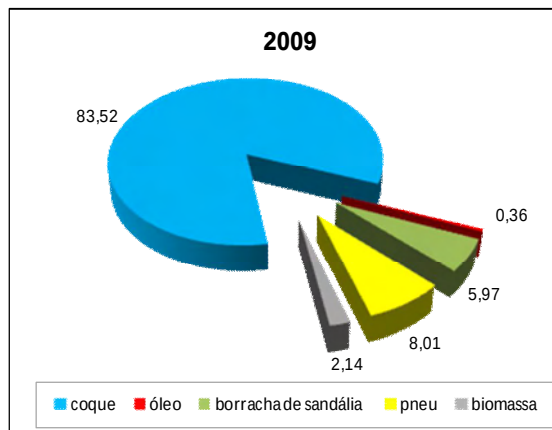


Figura 41: Percentual de substituição térmica - 2009
Fonte: CIMPOR (2010)

De posse dos percentuais de substituição dos combustíveis alternativos pelo coque de petróleo no período de 2006 a 2009, foram calculados os valores anuais economizados com a utilização dos pneus inservíveis. Para realização dos cálculos foi convertido o valor por em R\$/unidade para R\$/t, que equivale a R\$ 80,00/t. Para o cálculo da economia anual foi considerando o funcionamento anual do forno de clínquer de 300 dias, devido às paradas do mesmo para de produção e manutenção, além da média histórica de 830 kcal.kg⁻¹ clínquer relativo ao consumo em calor forno.

A Tabela 3 apresenta os valores de substituição térmica dos pneus calculados em reais economizados com a utilização dos pneus como fonte de calor no forno de clínquer.

Dados	Coque	Pneu	Produção do Forno (kg.dia⁻¹)		Consumo em Calor (kcal.kg⁻¹ clínquer)	
PCI	8.192,41	8.302,28				
S(%)	6,46	1,72	2.200.000,00		830,00	
Preço (R\$/t)	170,00	80,00				
Item	2006		2007	2008	2009	
Substituição em calor (%)	4,24		6,01	5,83	8,01	
Consumo Total de Calor (kcal.dia⁻¹)	1.826.000.000		1.826.000.000	1.826.000.000	1.826.000.000	
Calor proveniente dos pneus (kcal.dia⁻¹)	77.422.400		109.742.600	106.455.800	146.262.600	
Massa diária de pneus coprocessada (kg.dia⁻¹)	9.325,44		13.218,37	12.822,48	17.617,16	
Custo dos Pneus (R\$)	746,04		1.057,47	1.025,80	1.409,37	
Massa de Coque equivalente a massa de pneus (kg)	9.450,50		13.395,64	12.994,44	17.853,43	
Custo do Coque equivalente aos pneus (R\$.dia⁻¹)	1.606,59		2.277,26	2.209,06	3.035,08	
Economia Mensal (R\$.mês⁻¹)	25.816,52		36.593,69	35.497,71	48.771,30	
Economia Anual (R\$.ano⁻¹)	258.165,16		365.936,94	354.977,10	487.712,96	

Tabela 3: Características da economia de coque de petróleo com a utilização de pneus inservíveis

Fonte: CIMPOR (2010)

Comparando os valores economizados com a utilização dos pneus em substituição ao coque em termos de economia anual, verificou-se que o ganho econômico é bastante representativo, pois, no cálculo dos valores correspondentes a economia anual, está descontado o valor gasto com a compra dos pneus aos catadores.

5 CONCLUSÃO

A questão dos pneus inservíveis é um problema que está inserido diretamente na sociedade, podendo trazer graves conseqüências ambientais e de saúde pública. Uma das formas de solucionar esse problema é a criação de parcerias entre o poder público e empresas privadas. Como visto neste trabalho, o coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer possibilita uma ótima solução para a utilização dos pneus inservíveis como alternativa na substituição de combustíveis fósseis, seja pelo seu elevado poder calorífico, ou devido ao baixo teor de enxofre, que possibilita reduzir as emissões de NO_x , SO_2 e CO_2 .

O custo da geração de energia térmica resultante da utilização de pneus é inferior ao dos combustíveis fósseis convencionais, tais como o carvão, o coque de petróleo, possibilitando uma utilização em grande escala na indústria cimenteira.

Devido à coleta ser uma das fases mais complexas para a destinação final dos pneus, deve-se garantir que esta etapa seja realizada de forma correta. Desta forma, com a criação em 2005 do programa Nordeste Rodando Limpo que além de gerar renda aos catadores de resíduos, possibilitou a retirada de 26.568,90 T de pneus inservíveis que estavam depositados em João Pessoa e em outros municípios da Paraíba, minimizando os possíveis depósitos para proliferação do mosquito transmissor da dengue, além da redução da quantidade de CO_2 gerada pelos caminhões que realizam o transporte do coque de petróleo do porto de Cabedelo a cidade de João Pessoa.

Porém, deve-se lembrar, que responsabilidade com a destinação dos pneus inservíveis é de seus fabricantes, que ainda não estão cumprindo a Legislação vigente, que consistem em coletar e destinar adequadamente os pneus inservíveis, devido à inexistência de ecopontos instalados para coleta e armazenamento dos mesmos.

6 REFERÊNCIAS

ANDRECERBERUS. Disponível em:

<<http://andrecerberus.files.wordpress.com/2010/09/pneu.gif>>. Acesso em: 12 de agosto de 2010.

ANDRIETTA A. J. **Pneus e Meio Ambiente:** Um Grande Problema Requer Uma Grande Solução. 2002. Disponível em: <<http://www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/recipientes.htm>>. Acesso em 12 janeiro 2010.

ÁLVARES JR, O. M.; LINKE, R. R. A. **Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil**. São Paulo: CETESB, 182 p, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004:** resíduos sólidos. Rio de Janeiro: set. 1987.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE INDÚSTRIAS DE PNEUMÁTICOS - ANIP. **Dados de Produção**. Disponível em: <http://www.anip.com.br/index.php?cont=conteudo&area=32&titulo_pagina=Produção>. Acesso em: 18 fevereiro 2010.

ASSUNÇÃO J.V.; PESQUERO C.R. Dioxinas e Furanos: origens e riscos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.33, n.5, p. 523-530, Out. 1999.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for lead**. US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, 1999.

BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE. **National Environmental Performance Track – U.S. EPA Annual Report, 2001**. Disponível em: <<http://www.battelle.org/Environment>>. Acesso em 02 julho 2010.

BERNAUER. Ventiladores Bernauer S.A. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.bernauer.com.br/Product.aspx?id=21&typeid=2>>. Acesso em: 26 agosto 2010.

BOSI, A. P. A Organização capitalista do trabalho “informal”. O caso dos catadores de recicláveis. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v.23, n.67, p.101 - 191, Jun. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Controle da Dengue**. Brasília, 2002. Disponível em:
<http://portal.saude.gov.br/portal/saude/visualizar_texto.cfm?idtxt=23614&janela=1>.
Acesso em 15 maio 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Balanço Dengue Janeiro a Julho de 2007**. Brasília, 2007b. Disponível em:
<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/dengue_0210.pdf>. Acesso em 21 agosto 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema Nacional de Vigilância em Saúde. **Relatório de Situação - Paraíba**. Brasília, 2009. Disponível em:
<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/002_pb_relatorio_de_situacao.pdf. Brasília 2009>. Acesso em 20 agosto 2010.

BRASIL. Secretaria de Estado da Saúde. **Casos Notificados de Dengue: Região Nordeste**. Brasília, 2010. Disponível em:
<http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=31131>.
Acesso em 20 agosto 2010.

BRASIL. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Resultados do Levantamento de Índice Rápido de Infestação por *Aedes aegypti* – LIRAA**. Brasília, 2007a. Disponível em<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/lira_nacional.pdf>.
Acesso em 22 agosto 2010.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo, Humanitas, EDUSP, 2002.

CAPPI, D.M. **Recuperação Ambiental de Áreas Erodidas como Alternativa de Destino Final de Pneu Inservível**. Piracicaba. 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CAPONERO, J.; LEVENDS, Y. A.; TENORIO, J. A. S. Análise crítica das tecnologias aplicadas à destinação final de pneus. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS, ABM, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, p. 2593-2606, 2000.

CARVALHO JR., J.A; LACAVA, P.T. **Emissões em processos de combustão**. Editora UNESP, São Paulo, 135p, 2003.

CAVALCANTI, J.E.W.A. Situação da Indústria de Co-processamento no Brasil. **Saneamento Ambiental**, 1996, n. 39, p 22-23.

CEMPRE - Compromisso empresarial para reciclagem. **Pneus**. Ficha Técnica 8, 2000. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/fichas/ficha8.html>> Acesso em 15 junho 2010.

CIMPOR - Cimentos do Brasil. Departamento de Produção. **Dados de Produção**. 2010.

CM - Tire Recycling Equipment Solutions. Disponível em: <<http://www.cms shredders.com/DualSpeedTireShredder.aspx>>. Acesso em 15 junho 2010.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N.º 258/1999**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 14 março 2010.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N.º 264/1999**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 14 março 2010.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N.º 301/2002**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 14 março 2010.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N.º 416/2009**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 14 março 2010.

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. **Frota de Veículos**. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em 15 agosto 2010.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2. ed. São Paulo: Signus editora, 2000. 166 p.

DYNAMISMECANICA. **Coque de Petróleo Produção e Utilização**. 2004. Disponível em: <<http://www.dynamismecanica.com.br/artigo003.php>>. Acesso em 10 maio 2010.

ECHIMENCO, L. Pneus Usados Rendem Lucros. **Jornal O Estado de São Paulo**, São Paulo, 17 abr. 2001. Páginas de Negócios, p. 1, 3 e 4.

FARIA, A.D. **Logística Reversa: Coleta de Pneus Inservíveis junto aos Pequenos Borracheiros da Região do Grande ABC**. 2006. Monografia (Graduação em Administração Logística) - Faculdade Editora Nacional, São Caetano do Sul, 2006.

GOMES, J. A.; OGURA, S. K. **Tratamento e Reaproveitamento de Pneus usados**. CETESB: São Paulo, 1993.

GRECA. Asfalto Ecoflexpav. Disponível em: <<http://www.greca-asfaltos.com.br>>. Acessado em 10/05/2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da População 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em 20 junho 2010.

KIHARA, Y. **Impacto da normalização do co-processamento de resíduos em fornos de clínquer**. Trabalho apresentado ao 5. Congresso Brasileiro de Cimento, São Paulo, 1999.

KOZERSKI, G. R.; HESS, S. C. Estimativa dos Poluentes Emitidos Pelos Ônibus e Microônibus de Campo Grande/MS, Empregando Como Combustível Diesel, Biodiesel ou Gás Natural. **Revista Engenharia Sanitária-Ambiental**. Rio de Janeiro. Vol. 11, n. 2, p. 113-117. Junho 2006.

MAGERA, M. **Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade**. Campinas, São Paulo: Editora Átomo, 2003.

MARTINS, A. C. **A Busca de proteção ao trabalho dos catadores de lixo recicláveis: análise da experiência do Instituto lixo e Cidadania em Curitiba, PR**. 2007. 180p. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais Aplicáveis) - Universidade Federal de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

MATTOS, L. B. R. **A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa - O Caso do Município do Rio de Janeiro**. 2001. 179 p. Tese (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MEDEIROS, L. F. R.; MACEDO, K. B. Catador de material reciclável: uma profissão para além da sobrevivência? In: **Psicologia e Sociedade**. 2006, vol.18, n. 2, p.62 - 71. mai/ago.2006.

MOTTA, F.G. A cadeia de destinação dos pneus inservíveis: o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. **Ambiente & Sociedade**. [online]. 2008, vol.11, n.1, p. 167-184. jan/jun. 2008.

NOHARA, J.J. et al. Resíduos sólidos: passivo ambiental e reciclagem de pneus. **Thesis**. São Paulo, v. 1, n. 3, p. 21-57, 2005. Disponível em: <<http://www.cantareira.br/thesis/n5a3/renato.pdf>> Acesso em: 15 Fevereiro 2010.

PARAÍBA. Companhia Docas da Paraíba. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.docas.pb.gov.br/estat.php>>. Acesso em 12 julho 2010.

RADIS, **Comunicação em Saúde**. 1º Encontro da rede pan-americana de pesquisa em dengue N° 74. Outubro 2008. p16-17.

RAMOS FILHO, L.S.N. **A Logística Reversa de Pneus Inservíveis**: O Problema da Localização dos Pontos de Coleta. 2005. 99p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

RECICLANIP. **Pontos de Coleta de Pneus**. Disponível em:
<<http://www.reciclanip.com.br/?cont=home>>. Acesso em: 25 abril 2010.

RIBEIRO, C.M.C. **Gerenciamento de Pneus Inservíveis**: Coleta e Destinação Final. 2005. 85p. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada da Saúde e Meio Ambiente) - Centro Universitário SENAC. São Paulo. 2005.85 p.

SANTI, A. M. M., **Co-incineração e co-processamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer**: investigação do maior pólo produtor de cimento do país. Região metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos e ambientais, e propostas para a segurança química. 2003. 227p. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SIGNORETTI, V. T. **Controle das Emissões de NOx, SOx e Metais Pesados Quando se Utilizam Combustíveis Alternativos e de Teor de Enxofre na Indústria do Cimento**. 2008. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2008.

SNIC - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. **PressKit 2010**. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/presskit_SNIC_2010.pdf>. Acesso em 20 maio 2010.

SNIC - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. **Relatório Anual 2008**. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdf/relat2008-9web.pdf>>. Acesso em 21 maio 2010.

SIQUEIRA, L.C.G. **Avaliação do impacto das emissões de metais geradas no coprocessamento de resíduos em fábricas de cimento**. 2005. 334p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

SOUZA, F. A. Utilização de pneus pós-consumo como combustível em fornos de cimento. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, 2000. **Anais...** São Paulo: SMA, 2000.

TRANSPORTES MARAJÓ. **Dados dos veículos que realizam o transporte de coque.**
Paraíba, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Formulário de coleta de informações sociais e econômicas Catadores que entregam pneus inservíveis na CIMPOR

Data ____/____/____

- 01) Qual o sexo:
Feminino () Masculino ()
- 02) Qual sua faixa etária (idade):
() 10 – 20 anos () 31 – 30 anos
() 31 – 40 anos () 41 – 50 anos
() 51 – 60 anos () 61 – 70 anos
() 71 – 80 anos () 81 – 90 anos
() mais que 91 anos
- 03) Qual sua Escolaridade:
() nunca estudou
() assina apenas o nome
() sabe ler parcialmente
() ensino fundamental incompleto
() ensino fundamental completo
() ensino médio incompleto
() ensino médio completo
() ensino superior incompleto _____
() ensino superior completo _____
- 04) É proveniente de qual localidade:
() Bayeux
() Cabedelo
() Campina Grande
() João Pessoa
() Santa Rita
() Outra localidade _____
- 05) Qual sua média de remuneração mensal?
() menos que 1 salário mínimo
() 1 a 3 salários mínimos
() 3 a 5 salários mínimos
() mais que 5 salários mínimos _____
- 06) É chefe de família?
() sim () não
- 07) Quantas pessoas compõem a sua família?
() 1 () 2 () 3 () 4
() 5 () mais que 5
- 08) A coleta de pneus inservíveis é sua principal atividade na geração de renda?
() sim () não
- Apontar a principal atividade de geração de renda caso a resposta seja negativa.
- _____
- 09) Qual a frequência de entrega de pneus?
() Diária () Semanal
() Mensal () Anual
- 10) De onde vem a maioria dos pneus que coleta? Enumere de acordo com o local em que coleta mais pneus.
() rios/córregos
() ruas
() terrenos baldios
() coleta nas moradias
() borracharias
() outro _____
- 11) Qual o meio de condução que utiliza para entregar os pneus?
() a pé
() bicicleta
() veículo motorizado
() carroça (tração animal)
() carroça de mão
- 12) Qual a quantidade de pneus que entrega mensalmente?
() 01 a 50
() 51 a 100
() 101 a 150
() 151 a 200
() mais que 200 _____
- 13) Qual o valor médio em reais arrecadado mensalmente com a entrega dos pneus?
() 1,00 a 50,00
() 51,00 a 100,00
() 101,00 a 150,00
() 151,00 a 200,00
() mais que 200,00 _____
- 14) Quais benefícios a entrega dos pneus lhe proporcionou?
() melhora no meio de transporte da coleta
() melhora na alimentação da família
() adquiriu móveis/eletrodomésticos
() reforma na residência
() outro _____

APÊNDICE B – Questionário SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DA PARAÍBA

1. Quantos casos de dengue foram notificados na Paraíba e especificamente no município de João Pessoa entre 2005 e 2009?
2. Quais benefícios o Programa Nordeste Rodando Limpo trouxe para o combate a dengue no município de João Pessoa?
3. Em se tratando de custos, houve redução em relação ao combate aos focos do mosquito transmissor da dengue?
4. O governo da Paraíba possui algum tipo de parceria com o Projeto Nordeste Rodando Limpo? De que tipo.
5. Como é a sistemática de recolhimento de pneus é adotada na Paraíba e especificamente João Pessoa?
6. Em que categoria de risco o pneu está enquadrado como criadouro para o mosquito da dengue?
7. Existiam depósitos de pneus na cidade de João Pessoa antes do início do Programa Nordeste Rodando Limpo no ano de 2005? Em caso positivo quantificar e apontar o bairro.
8. Atualmente existem depósitos de pneus? Se positivo apontar o bairro.
9. Quais os bairros mais beneficiados com a coleta dos pneus?
10. O contingente de pessoas para o combate aos pneus diminuiu com o programa Nordeste Rodando Limpo?
11. O estado da Paraíba tem interesse ou pretende montar um ecoponto para a recolha de pneus na cidade de João Pessoa? Possui alguma ação em andamento?
12. O que poderia representar para a Paraíba e especificamente para a cidade de João Pessoa o fim do recebimento de pneus por parte da CIMPOR.