

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

CAROLINE DE SOUZA CARDOSO

**SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL ATRAVÉS DA RECICLAGEM DE  
PNEUS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2015

CAROLINE DE SOUZA CARDOSO



## **SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL ATRAVÉS DA RECICLAGEM DE PNEUS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios - Polo UAB do Município de Cruzeiro do Oeste, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra Raquel de Oliveira Bueno

EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

MEDIANEIRA

2015



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Sustentabilidade Ambiental Através da Reciclagem de Pneus

Por

**Caroline de Souza Cardoso**

Esta monografia foi apresentada às 16h00 do dia 23 de outubro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Cruzeiro do Oeste, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Raquel de Oliveira Bueno  
UTFPR – Câmpus Campo Mourão  
(orientadora)

---

Prof Dr. Edivando Vitor do Couto  
UTFPR – Câmpus Campo Mourão

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr. José Hilário Delconte Ferreira  
UTFPR – Câmpus Campo Mourão

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

Dedico aos meus queridos pais, João e Maria Aparecida e ao meu esposo João Antonio, com admiração e amor.

## AGRADECIMENTOS

Nenhuma batalha é vencida sozinha. No decorrer desta luta algumas pessoas me incentivaram a alcançar o meu sonho, nada mais justo que homenageá-las nesse momento.

Agradeço em primeiro lugar a Deus que me concedeu essa oportunidade em ampliar meus conhecimentos e crescer como pessoa, que me escutou quando mais precisei, e me abençoou em todas as viagens ao pólo.

Agradeço a minha mãe, que sempre me apoiou, que me fez forte para enfrentar a vida com coragem e sabedoria. Uma mãe, que me deixou livre para seguir minhas escolhas, mesmo que com o coração partido, porém sempre indicando o caminho correto.

Agradeço ao meu pai, que me ensinou os maiores valores que se pode ter na vida, me incentivou nos meus sonhos, nos meus estudos, na minha vida pessoal, me ensinou a batalhar, me deu educação e principalmente muito pé no chão.

Mãe, pai, se eu pudesse voltar a vida em outro momento, e pudesse a oportunidade de escolher meus pais, certamente seriam vocês dois, pois tenho muito orgulho em tê-los como meus pais e não saberia viver sem vocês.

Agradeço ao meu esposo, que é um super marido, super companheiro e que sempre estava ao meu lado, acordando cedo, me levando para Cruzeiro do Oeste tantos sábados, me apoiando a dar continuidade nos estudos, sendo carinhoso e atencioso com tudo que envolvesse essa especialização. Você é meu grande amor, um encontro de almas.

Agradeço a minha orientadora professora Dra. Raquel de Oliveira Bueno, pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa, e todo direcionamento.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação do pólo Cruzeiro do Oeste.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso”. (JOHN RUSKIN)

## RESUMO

CARDOSO, Caroline. Sustentabilidade ambiental através da reciclagem de pneus. 2015. 41. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

O descarte de pneus é na sua grande maioria eliminado indevidamente ocasionando problemas no meio ambiente e na saúde da população, devido ao longo tempo para sua decomposição. Visando uma sociedade ambientalmente consciente, foi realizada uma revisão bibliográfica, para verificar o aproveitamento e a melhor finalidade dada aos pneus de borracha no Brasil, onde se constatou que todo o processo é financiado pelos fabricantes e importadores de pneus que possuem dois grandes consumidores para encaminhamento destes pneus: a indústria de cimento e a indústria de petróleo através do xisto.

**Palavras-chave:** Borracha. Decomposição. Descarte. Indústria.

## **ABSTRACT**

CARDOSO, Caroline. Environmental sustainability through the tire recycling. 2015. 41. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

The discard of tire is mostly eliminated improperly causing problems in the environment and on public health due to the long time for decomposition. Aiming an environmentally conscious society, a literature review was conducted to verify the use and best purpose given to rubber tires in Brazil, where it was found that the whole process is financed by tire manufacturers and importers who have two large consumers forwarding these tires: the cement industry and the oil industry through the shale.

**Keywords:** Rubber. Decomposition. Discard. Industry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida do pneu .....	16
Figura 2 – Depósito de pneus inservíveis nos EUA.....	18
Figura 3 – Localização dos pontos de coleta por região.....	25
Figura 4 – Cadeia de reposição de pneus.....	29
Figura 5 – Unidade de industrialização de Xisto.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição de pneus novos.....	15
Tabela 2 – Prazos e quantidades de pneus inservíveis a serem dispostos.....	22
Tabela 3 – Produção e consumo de cimento por região em 2000 .....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....</b>	<b>12</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
3.1 COMPOSIÇÃO DOS PNEUS.....	13
3.1.1 Vida útil dos pneus.....	15
3.2 PRODUÇÃO DE PNEUS.....	16
3.3 POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DO AMBIENTE.....	19
3.4 RESOLUÇÃO CONAMA 416/2009.....	23
3.5 GERENCIAMENTO DE COLETA SELETIVA DE PNEUS.....	25
3.6 TECNOLOGIAS DE DESTINAÇÃO ADOTADAS NO BRASIL.....	27
3.6.1 A Indústria da Recauchutagem.....	29
3.6.2 A Indústria Cimenteira.....	30
3.6.3 A Indústria de Petróleo através do Xisto – Projeto PETROBRAS.....	32
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO(S) .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos com o crescimento populacional e econômico vivenciado pelo país, além da comodidade e vida turbulenta das pessoas no dia-a-dia, a venda de carros atingiu o seu ápice, trazendo consigo preocupações como o aumento das emissões de gases poluentes, o tráfego intenso e o gerenciamento e descarte final dos pneus, que pelo fato de serem constituídos por borracha possuem tempo longo de decomposição no ambiente, podendo durar vários séculos.

A problemática de impacto ambiental causada está intimamente ligada com o fato da maior parte dos pneus serem descartados ou até abandonados em locais inadequados, servindo como local para procriação de mosquitos, pequenos roedores e outros vetores de doenças, além de representarem um risco constante de incêndio, o que contaminaria o ar com uma fumaça tóxica e deixaria um óleo que se infiltra e contamina o lençol freático causando grandes transtornos para a saúde humana. Sendo assim, qual o melhor método para destinação desses pneus que não serão mais utilizados?

No Brasil, esta preocupação resultou na aprovação da Resolução N° 258 (CONAMA, 1999) que delibera a respeito da coleta e destinação final dos pneus descartados considerados inservíveis, ou seja, aqueles pneus sem possibilidade de reaproveitamento por meio de recapagem, recauchutagem e remoldagem.

Esse tema apresenta interesse direto à comunidade contribuindo com possíveis gerações de energia através da reciclagem do pneu, assim como, contribui para determinação de formas de reciclagem mais viáveis disponibilizando fontes de estudo e desenvolvimento das tecnologias para esse processo.

O objetivo deste trabalho foi verificar o aproveitamento e destino final para os pneus de borracha. Explorar o potencial das diferentes metodologias tecnológicas para melhor destinação dos pneus através de revisão bibliográfica.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Essa pesquisa com base nos objetivos é uma pesquisa exploratória, onde por meio de leituras de material já publicado em diferentes fontes, vai tornar o tema mais explícito e colaborar com a construção de hipóteses.

Já com base nos procedimentos técnicos que serão utilizados, pode-se considerar uma revisão bibliográfica para aprofundamento e conhecimento da destinação de pneus.

Segundo Gil (apud SILVA, MENEZES, 2001) a pesquisa exploratória:

Visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL apud SILVA e MENEZES, 2001, p. 21).

Este estudo foi realizado entre os meses de julho e setembro de 2015, através de uma revisão bibliográfica buscando maior entendimento do ciclo de vida do pneu, desde sua produção até sua destinação, entender o porque dessa guerra de pneus, onde vem se acumulando em demasia em locais impróprios por muito tempo, quais resoluções vigentes no Brasil, enfim explorar o potencial das diferentes metodologias tecnológicas visando soluções para destinação dos pneus.

### 3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 COMPOSIÇÃO DOS PNEUS

Todo pneu é formado de 4 partes principais (PIRELLI, 2000), a saber:

**CARÇAÇA:** é a parte resistente do pneu, constituída de lona(s) de poliamida, poliéster ou aço. Retém o ar sob pressão que suporta o peso total do veículo. Nos pneus radiais, as cintas complementam sua resistência.

**TALÕES:** são constituídos internamente de arames de aço de grande resistência e têm por finalidade manter o pneu acoplado ao aro.

**BANDA DE RODAGEM:** é a parte dos pneus que entra diretamente em contato com o solo. Formada por um composto especial de borracha que oferece grande resistência ao desgaste. Seus desenhos constituídos por partes cheias (biscoitos) e vazias (sulcos) oferecem desempenho e segurança ao veículo.

**FLANCOS:** protegem a carcaça de lonas. São dotados de uma mistura especial de borracha com alto grau de flexibilidade.

Ainda de acordo com a literatura pesquisada, as funções básicas do pneu são (PIRELLI, 2000):

- Suportar a carga;
- Assegurar a transmissão da potência motriz;
- Garantir a dirigibilidade do veículo;
- Oferecer respostas eficientes nas freadas e aceleradas;
- Contribuir com a suspensão do veículo no conforto.

Para qualquer forma de tratamento é de suma importância o prévio conhecimento da composição do resíduo. Segundo Andrietta (2002), a borracha é o

material principal do pneu, representando cerca de 40% do seu peso. Essa borracha ou ainda elastômeros pode ser dividida em dois tipos:

Natural: Sua principal extração vem de uma derivada da seringueira – *Hevea brasiliensis*. A produção de pneus representa um terço do consumo mundial de borracha.

Sintética: Tipo de elastômeros, polímeros com propriedades físicas parecidas com a da borracha natural. É derivada do petróleo ou do gás natural. Seu consumo para a fabricação de pneus representa 2/3 do total de borracha sintética no mundo.

Além da borracha, existe como matéria prima do pneu, agentes reforçantes - o negro de carbono ou negro de fumo, plastificantes, agentes vulcanizantes - enxofre, agentes acelerantes, agentes protetores – anti-oxidantes, estabilizadores, fibras orgânicas - nylon e poliéster, arames de aço, óleos, derivados do petróleo e outros produtos químicos (RESENDE, 2004).

Essencial na construção do pneumático, a adição de negro de fumo confere a borracha mais resistência aos esforços e à abrasão e aumenta seu desempenho. Através de um método chamado vulcanização, a borracha é misturada ao negro de fumo num molde aquecido entre 120 a 170 graus Celsius e a eles são adicionados enxofre, compostos de zinco e outros aceleradores de processo. Considerado difícil de reciclar, o negro de fumo vêm sendo substituído pela sílica na construção dos chamados pneus ecológicos.

O enxofre é usado para ligar as cadeias de polímeros dentro da borracha e também para endurecer e prevenir deformação excessiva pelas elevadas temperaturas. O acelerador é tipicamente um composto orgânico sulfúrico que age como um catalisador para o processo de vulcanização. O óxido de zinco e o ácido esteárico também agem para controlar a vulcanização e realçar as propriedades físicas da borracha. Os óleos são misturas de hidrocarbonetos aromáticos que servem para conferir maciez à borracha e aumentar sua trabalhabilidade durante a confecção dos pneus (RESENDE, 2004; GOULART; MARIOTONI; SANCHEZ, 1999). A Tabela 1 apresenta informações sobre a composição de pneus novos.

**Tabela 1 - Composição de pneus novos.**

<b>Composição</b>	<b>Automóvel (%)</b>	<b>Caminhão (%)</b>
Elastômero	48	45
Carbon black	22	22
Aço	15	25
Fibras têxteis	5	-
Óxido de zinco	1.2	2.2
Enxofre	1	1
Outros óleos	8	6

**Fonte: Andrietta, 2002.**

O conceito de pneu conforme portaria n° 5 – INMETRO , 14 de janeiro de 2000:

- Pneu novo: pneu que não sofreu qualquer uso, nem foi submetido a qualquer tipo de reforma e que não apresenta sinais de envelhecimento nem deteriorações de qualquer origem;
- Pneu usado: pneu que foi submetido a qualquer tipo de uso e/ou desgaste.
- Pneu reformado: pneu reconstruído a partir de um pneu usado, onde se repõem uma nova banda de rodagem, podendo incluir a renovação da superfície externa lateral (flancos), abrangendo os seguintes métodos e processos: recapagem, recauchutagem e remoldagem;
- Pneu radial: pneu cuja carcaça é constituída de uma ou mais lonas cujos fios, dispostos de talão a talão, são colocados substancialmente a 90°, em relação à linha de centro da banda de rodagem, sendo essa carcaça estabilizada por uma cinta circunferencial constituída de duas ou mais lonas substancialmente inextensíveis;
- Pneu diagonal: pneumático cuja carcaça é constituída de lonas, cujos fios dispostos de talão a talão são colocados em ângulos cruzados, uma lona em relação à outra, substancialmente menores que 90° em relação à linha de centro da banda de rodagem.

### 3.1.1 Vida útil dos pneus

A conduta dos motoristas e a negligência quanto à correta calibragem da pressão interna do pneu são as principais condições que contribuem no desempenho durante seu consumo. Nos últimos 40 anos, houveram melhorias no

processo de fabricação fazendo com que os pneus duplicassem sua vida útil. Entretanto, a rápida aceleração e desaceleração do automóvel, sem contar as condições das estradas, diminuem o aproveitamento do pneu consideravelmente.

Ainda de acordo com Beukering e Janssen (2001), um pneu, se utilizado de maneira considerada coerente, pode rodar em média 100.000 quilômetros. No final desse tempo, ele chega a perder 10% de seu peso. A maioria do material dissipado vem da banda de rolagem, parte que fica em contato com o solo, recomposta na recauchutagem.

### 3.2 PRODUÇÃO DE PNEUS

O ciclo de vida do pneu é composto por cinco estágios: extração, produção, consumo, coleta dos pneus descartados e gerenciamento da destinação do lixo, conforme visto na Figura 1, vindo a variar de acordo com a economia local e as condições vigentes das instituições (RESENDE, 2004).

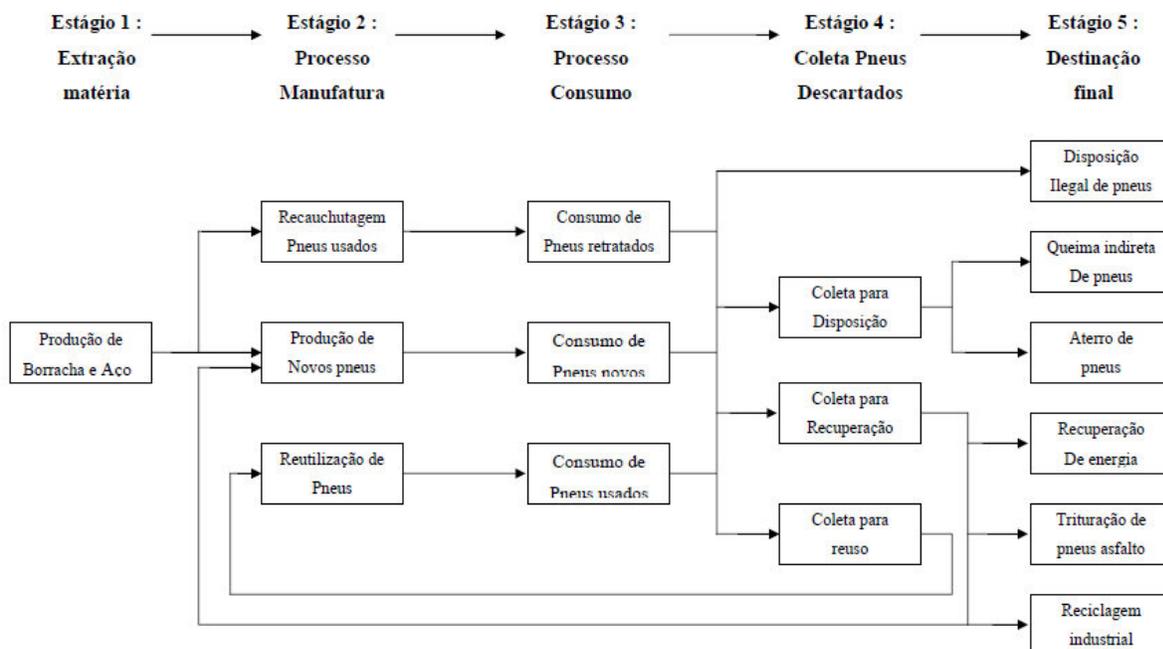


Figura 1. Ciclo de vida do pneu.

Fonte: Beukering & Janssen, 2001.

Na extração da matéria, são produzidos os componentes básicos do pneu, como a borracha natural e sintética, o aço, tecidos em geral e aditivos químicos, em quantidade variável de acordo com o tipo de pneu a ser confeccionado. Na produção, o pneu é então classificado em: novo, recauchutado ou reutilizado. A fabricação de um pneu novo consome uma grande quantidade de recursos, como mão de obra e energia, além de fazer uso de processos de alto nível tecnológico. No caso da recauchutagem, o processo consta em recolocar a parte da borracha gasta na banda de rolagem, preservando cerca de 80% da matéria-prima e energia necessária para a fabricação de um novo pneu. Já a reutilização direta ou remoldagem, é um processo que alonga a vida útil do pneu, cujo custo representa 2.5% do custo total do pneu novo (RESENDE, 2004).

Em uma breve retrospectiva, observa-se no Brasil uma crescente constante na produção, exportação e importação desde 2006, onde as maiores empresas juntas produziram 54,5 milhões de pneus novos e em 2010, foram fabricados 67,3 milhões de pneus.

Em relação à exportação brasileira, em 2006 foram 18,1 milhões de pneus sendo enviados para outros países e, em 2010, 18,7 milhões de pneus exportados.

Em 2006 foram importados 21,4 milhões de pneus e em 2010 23,9 milhões. Os principais canais de distribuição foram: 45% para o mercado de reposição e revenda; 30% para as indústrias automobilísticas e montadoras; e 25% para a exportação (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE PNEUMÁTICOS, 2007, 2010).

No mundo inteiro são descartados a marca de quase 1 bilhão de unidades referentes a pneus usados anualmente (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008). Só no Brasil são cerca de 17 milhões de pneus considerados inservíveis. Embora hoje uma das maiores preocupações de toda a indústria do setor de pneumático seja o meio ambiente, os números da produção deste tipo de resíduo ao redor do mundo são extremamente alarmantes (GOULART, MARIOTONI, SANCHEZ, 1999).

Em contrapartida diversos estudos são feitos visando obter um pneu mais leve e com menos atrito, para reduzir o consumo de combustível e também reduzir as emissões na atmosfera, assim com uma maior durabilidade do pneu visando diminuir o volume de material a ser reaproveitado. Outro grande investimento atualmente realizado é o aumento de borracha natural e diminuição do negro de

fumo na composição total do pneu. Enquanto a borracha natural é mais fácil de ser reciclada do que a sintética, a adição de negro de fumo, por meio da vulcanização, forma uma ligação permanente entre o enxofre e o carbono, dificultando a reciclagem total do material (RESENDE, 2004).

O negro de fumo também conhecido como negro de carbono é constituído por partículas muito finas, o que leva a investimentos elevados em sistemas de controle de poluição, em especial na emissão de particulados, já que são obtidas por pirólise. Estima-se que existam, atualmente, mais de 50 tipos comerciais de negro de fumo disponíveis (BNDES, 1998).

Para que a disposição final dos pneus inservíveis seja realizada adequadamente, é necessário empenho por parte da sociedade e do poder público, pois se tratando de uma questão preocupante, deve haver uma conscientização com a participação de toda população, caso contrário esses pneus ficam estocados em demasiada quantidade em depósitos (Figura 2) de forma irregular (ANDRADE, 2007).



**Figura 2. Depósito de Pneus Inservíveis nos EUA**

**Fonte: Andrade (2007)**

A grande produção de pneus está concentrada nos Estados Unidos e na União Européia, onde a maior parte dos pneus descartados em ambas as regiões, 39% na Europa e 31% nos EUA, continuam indo parar em depósitos subterrâneos. Enquanto os EUA exportam 5% dos pneus descartados, a Europa mantém a taxa de 11%. Trata-se de uma forma de exportação de problemas, uma vez que transfere problemas para outros países, geralmente em desenvolvimento como o Brasil. Os

principais destinos destes pneus, no território nacional, são: Paraná, Santa Catarina, Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo, sendo que os dois primeiros estados receberam 70% deste material (MOTTA, 2008).

Para conter esse problema, o Brasil lançou uma lei que impede a importação de pneus inservíveis. Entretanto, teve que abrir exceções em relação aos pneus vindo do Uruguai e da Argentina, a fim de não prejudicar o acordo do Mercosul (RESENDE, 2004).

No Brasil, estima-se que pelo menos 50% dos pneus produzidos anualmente estão sendo descartados e dispostos em locais inapropriados e que o passivo ambiental seja superior a 100 milhões de pneus (ODA; FERNANDES JÚNIOR, 2001).

Assim, apesar dos diversos estudos realizados sobre sua reciclagem, as questões que envolvem a destinação dos pneus usados e os prejuízos que a sua má destinação pode ocasionar à natureza e as pessoas, ainda não são devidamente divulgadas à população (OLIVEIRA; CASTRO, 2007).

### 3.3 POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DO AMBIENTE

O rápido desenvolvimento tecnológico, com o aumento da população e a redução do ciclo de vida dos produtos têm contribuído para o aumento do descarte, gerando assim maior volume em aterros, alto consumo de recursos naturais, energia, poluição do ar, das águas superficiais e subterrâneas, aumento dos custos envolvidos no processo de coleta e destinação dos resíduos e esgotamento dos aterros próximo dos pontos de geração de resíduos (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

Dentre os agentes causadores, os pneus começaram a ocupar papel de destaque nos impactos causados no solo, ar e na água, embora esteja classificado como resíduo inerte, são de difícil compactação, ocupam muito espaço tanto na armazenagem quanto no transporte, são inflamáveis e grande quantidade são acumulados, causando a proliferação de insetos (LACERDA, 2001).

Tal acúmulo ocorreu porque esta questão foi direcionada por vários anos como uma consequência indesejada, mas inevitável, do desenvolvimento

econômico, e sempre foi carente de regulação e fiscalização intensivas (MOTTA, 2008).

Quando depositados em aterros sanitários estes pneus absorvem os gases que são liberados pela decomposição de outros resíduos, inchando e podendo até estourar, o que prejudica a cobertura dos aterros. Assim, conseqüentemente, os pneus são direcionados para a queima ou armazenamento (LAGARINHOS et al., 2011; ODA; FERNANDES JÚNIOR, 2001).

A queima dos pneus libera cerca de 10 litros de óleo pirolítico que contém produtos químicos, tóxicos e metais pesados, capazes de promover efeitos adversos à saúde, contaminar o solo e a água, além de penetrar nos lençóis freáticos e poluir o ar com gases como carbono, dioxinas, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e outras substâncias cancerígenas (RODRIGUES JORGE et al., 2004).

No caso do armazenamento de pneus, estes ficam empilhados e servem de transmissão de doenças através de micro e macro vetores. Podem ainda ser enterrados, provocando a quebra da cobertura das camadas da terra e voltar à superfície ao longo do tempo (BEAL; BATISTELA; CALDATTO; PEGORARO, 2009).

Devido à constatação, conscientização e aumento das agressões ao meio ambiente, os países começaram a regulamentar e a adotar imposições mais rígidas e eficazes aos vários agentes envolvidos, sejam consumidores, empresas, poder público ou outras instituições. Desta forma o agente causador é obrigado a reparar o dano, impactando diretamente em seu resultado econômico (MOTTA, 2008).

No Brasil, a partir de 1998, o CONAMA iniciou um trabalho de regulamentação sobre resíduos como: pneus, pilhas e baterias, serviços de saúde, construção civil, importação e exportação, lâmpadas fluorescentes, aterros sanitários, entre outros. E esta preocupação resultou na aprovação da Resolução N° 258 (CONAMA, 1999) que delibera a respeito da coleta e destinação final dos pneus descartados considerados inservíveis, ou seja, aqueles pneus sem possibilidade de reaproveitamento por meio de recapagem, recauchutagem e remoldagem. Com esta Resolução, a partir de janeiro de 2002, determinou assim, a coleta e a destinação de pneus inservíveis de forma progressiva e proporcional à produção e importação (LACERDA, 2001; LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

Em 2 de agosto de 2010 com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os fabricantes, distribuidores, importadores e comerciantes de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, de

vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, produtos eletrônicos e seus componentes, ficam obrigados a desenvolverem um sistema de logística reversa para o retorno de produtos e embalagens no final da vida útil, que não depende do serviço público de limpeza da cidade. Além disso, determina que a gestão dos resíduos faça parte da colaboração de todos: governo federal, estados, municípios, empresas e sociedade (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

Tendo em vista este cenário, a Resolução Nº 258/99, mencionada anteriormente, considera que:

- Os pneumáticos inservíveis abandonados ou dispostos inadequadamente constituem passivo ambiental, que resulta em sério risco ao meio ambiente e à saúde pública;
- Não há possibilidade de reaproveitamento desses pneumáticos para uso veicular e nem para processos de reforma, tais como recapagem, recauchutagem e remoldagem;
- Uma parte dos pneumáticos novos, depois de usados, pode ser utilizada como matéria prima em processos de reciclagem;
- A necessidade de dar destinação final, de forma ambientalmente adequada e segura, aos pneumáticos inservíveis.

Por isso, “RESOLVE:

Artigo 1º - As empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final, ambientalmente adequada, aos pneus inservíveis no território nacional, na proporção definida nesta Resolução relativamente às quantidades fabricadas e/ou importadas.”

A Tabela 2 apresenta, resumidamente, os prazos e as quantidades a serem dispostos segundo o que está estabelecido na Resolução Nº 258/99.

Tabela 2 - Prazos e quantidades de pneus inservíveis a serem dispostos.

Prazo (a partir de)	Quantidades
01/01/2002	Para cada <u>quatro</u> pneus novos fabricados no País ou pneus importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final adequada a <u>um</u> pneu inservível.
01/01/2003	Para cada <u>dois</u> pneus novos fabricados no País ou pneus importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final adequada a <u>um</u> pneu inservível.
01/01/2004	Para cada <u>um</u> pneu novo fabricado no País ou pneu novo importado, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final adequada a <u>um</u> pneu inservível; Para cada <u>Quatro</u> pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final adequada a <u>cinco</u> pneus inservíveis.
01/01/2005	Para cada <u>quatro</u> pneus novos fabricados no País ou pneus novos importados, inclusive aqueles que acompanhamos veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final adequada a <u>cinco</u> pneus inservíveis; Para cada <u>três</u> pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final adequada a <u>quatro</u> pneus inservíveis.

Fonte: Lacerda, 2001.

Portanto, esta Resolução é um instrumento oportuno e importante para disciplinar a coleta e a destinação final correta dos pneus descartados no Brasil (LACERDA, 2001).

### 3.4 RESOLUÇÃO CONAMA 416/2009

Devido à problemática que tem sido para todos os países a disposição final de pneus inservíveis, as leis e normas que regulamentem atividades ligadas a este segmento auxiliam no processo de controle e gerenciamento desta temática.

Em razão do grande problema e cuidado que esta situação requer, no Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei n. 6.938/81, em seu art. 8º delega competência ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como órgão legislador brasileiro para este assunto, sendo este responsável pela edição de atos jurídicos e normativos, com força de lei; decidir recursos administrativos em última instância; exigir estudos/documentos que acrescentem deferimento de licenças ambientais na realização do Estudo de Impacto Ambiental – EIA; além disso, conferir competência ao IBAMA para licenciamento, fiscalização e controle ambiental (ANDRADE, 2007).

Sendo de responsabilidade do CONAMA a edição de normas, a respeito da questão dos pneumáticos inservíveis, em 30 de setembro de 2009 foi publicada a RESOLUÇÃO CONAMA 456/09 que trata da responsabilidade das empresas fabricantes e importadoras de pneumáticos sobre a coleta e destinação final adequada dos pneus inservíveis existentes no território nacional.

De acordo com esta Resolução, Art. 3º, para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível. Por tal razão, indústrias de reforma têm investido para produzir e desenvolver produtos da reciclagem de características iguais ou superiores aos fabricados anteriormente. Esta norma foi elaborada com a intenção de diminuir o passivo ambiental criado pelos depósitos clandestinos e formas inadequadas de destinação final dos pneus descartados.

A resolução proíbe o descarte de resíduos sólidos nos aterros sanitários, bem como no mar, em terrenos baldios ou alagadiços, margens de vias públicas, cursos d'água e praias, e a queima desses resíduos, exceto para obtenção de energia efetuada por métodos adequados que não venham causar danos à saúde humana ou ao meio ambiente. Outra determinação dos órgãos ambientais é que os pneus sejam descaracterizados por meios físicos e químicos (MOTTA, 2008).

Os pneus inservíveis podem ser armazenados em lascas ou triturados em local adequado para armazenamento, desde que obedecidas às exigências para o licenciamento, pelo prazo de um ano, podem ser utilizados como comprovação junto ao IBAMA (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

Assim como os importadores e produtores devem também comprovar a destinação final, de forma ambientalmente correta, das quantidades de pneus inservíveis proporcionais à quantidade produzida ou importada, podendo utilizar o equivalente em peso dos materiais, tanto para veículos automotores quanto para bicicletas (MOTTA, 2008).

Os fabricantes e importadores de pneus novos devem elaborar um plano de gerenciamento de coleta, armazenamento e destinação final dos pneus inservíveis e instalar nos municípios, com mais de 100.000 habitantes, pelo menos um ponto de coleta. A nova Resolução não considera a reforma de pneus como reciclagem e sim como uma atividade que prolonga a vida útil dos pneus (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

A tendência é o aumento da quantidade de pneus inservíveis descartados nos próximos anos, devido o aumento da frota de veículos no país. No caso da cadeia de reciclagem de pneus houve o aumento do número de empresas cadastradas no IBAMA, com o desenvolvimento de novas tecnologias para a utilização dos materiais reciclados e a valorização energética. O Brasil já possui capacidade para a reciclagem e a valorização energética de todos os pneus inservíveis gerados no país anualmente.

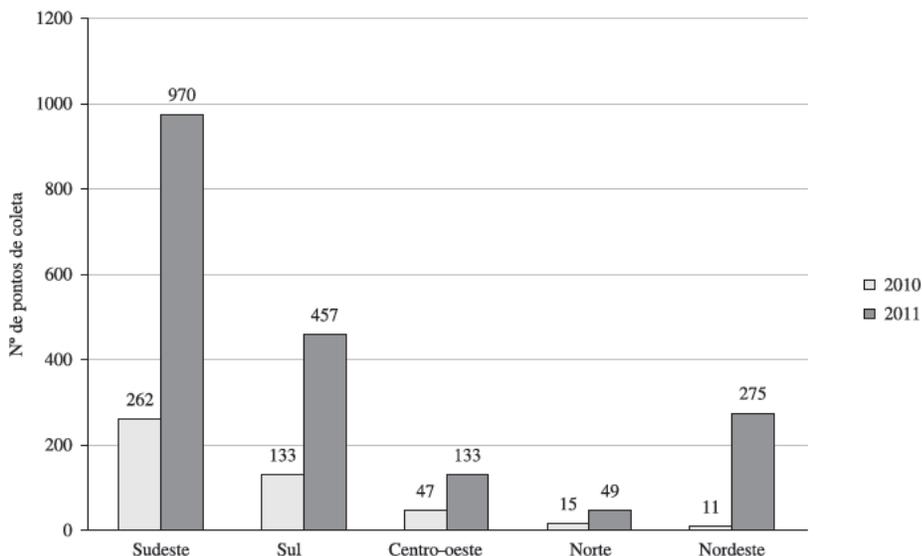
Para cumprir as resoluções do CONAMA, 258/99 e 301/02, dois programas de destinação de pneus inservíveis foram formulados e implementados com as instituições responsáveis: ANIP, com o Programa de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis que foi instalado no Brasil todo e atualmente conta com 211 pontos de coleta de pneus (em março de 2007), entre as empresas que fazem parte desta instituição estão as maiores multinacionais do setor: Bridgestone-Firestone, Goodyear, Pirelli, Michelin, além de outras 10 empresas que atuam em nichos específicos deste mercado, como Maggion, Rinaldi, Tortuga e Pneus Levorin. Estas empresas são responsáveis por destinar corretamente um volume proporcional de inservíveis, conforme legislação em vigor, que é calculado com base em sua produção somada as importações e descontadas as exportações. E ainda a ABIP,

com o Programa Rodando Limpo, que tem sua atuação concentrada no Paraná (MOTTA, 2008).

### 3.5 GERENCIAMENTO DE COLETA SELETIVA DE PNEUS

A partir da aprovação da Resolução nº 416/09, o dever de organizar um plano de gerenciamento de coleta, armazenagem e destinação de pneus inservíveis passa a ser dos fabricantes e importadores de pneus novos, além da responsabilidade em implementar pontos de coleta em cidades com mais de 100.000 habitantes. Assim, foram montadas unidades podendo envolver as revendas e distribuidores; os municípios, os borracheiros, entre outros.

Foram cadastrados, entre outubro de 2009 e dezembro de 2010, 1.884 pontos de coleta, do total de pontos de coleta implementados no Brasil, 75,75% estão localizados nas Regiões Sul e Sudeste, conforme a Figura 3. Esses centros de coleta são fruto de uma estreita parceria privada e os governos municipais, onde envolve programas de conscientização da população para evitar o estoque doméstico de pneus inservíveis.



**Figura 3. Localização dos pontos de coleta por região (2011)**

**Fonte: LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013.**

Em meio a essa problemática, a obrigação estende-se a população, ou seja, aos distribuidores, revendedores, reformadores e consumidores finais que são co-responsáveis e devem colaborar com a coleta desses pneus.

Para isso, é necessária a definição de locais para servirem de centros de coleta, que são chamados de ecopontos, que em alguns estados do Brasil, a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos ANIP (2010) oferece todo o apoio técnico e logístico para o seu funcionamento, através de uma entidade sem fins lucrativos chamada Reciclanip, que se responsabiliza pelo transporte do pneu até as empresas de picotagem e destinação final, para qualquer ponto do território nacional, transformando o pneu inservível em novos produtos.

A Reciclanip foi criada pela ANIP em 2007 com a iniciativa para a coleta e destinação de pneus inservíveis no País, sem fins lucrativos, já que todos os custos decorrentes da destruição correta das carcaças são pagos por meio de grandes somas empregadas por fabricantes de pneus. Hoje, a Reciclanip é considerada uma das principais medidas na área de pós-consumo da indústria brasileira, por reunir 374 pontos em 21 estados do Brasil (BEAL; BATISTELA; CALDATTO; PEGORARO, 2009).

Ainda segundo a ANIP, 95% do material coletado pelo programa é destinado para o co-processamento das indústrias de cimento, e outros 5% são destinados para empresas recicladoras que produzem artefatos de borracha. Desde o início do programa até março de 2009, foram destinados de forma ambientalmente correta mais de 200 milhões de pneus de automóveis, com um investimento de mais de US\$ 71 milhões (RECICLANIP, 2009).

Outra alternativa que vem ocorrendo em algumas cidades é a reunião dos revendedores, recauchutadores e borracharias a fim de promover cooperativas para recolhimento e destinação desses resíduos, o que lhes garantirá de que estão encaminhando corretamente o lixo e que, assim, estarão livres de sofrer penalidades (RIBEIRO, 2005).

No Brasil, existem ainda os carroceiros ou catadores, que vivem da venda de sucatas, papéis, latas de alumínio e outros materiais recicláveis deixados no lixo. Esses trabalhadores também atuam na coleta ou na classificação de materiais para a reciclagem, atuando em convênio com as prefeituras, que sedem os locais e estrutura para instalação dos ecopontos, e a Reciclanip se encarrega pelo transporte dos pneus, desde o ponto de coleta até as empresas de trituração, que são

responsáveis pelo reaproveitamento do material coletado (BEAL; BATISTELA; CALDATTO; PEGORARO, 2009).

Os ecopontos devem ser instalados em locais apropriados para facilitar o descarte do pneu inservível pelo usuário, assim como próximo dos centros geradores, de empresas de pré-tratamento, cimenteiras, laminadores e empresas que utilizam borracha dos pneus inservíveis como matéria-prima para a fabricação de tapetes automotivos e de forma que não cause poluição visual (RIBEIRO, 2005).

Além destes pontos, existe um programa de coleta que é desenvolvido por meio de parcerias com as prefeituras, que cedem os terrenos dentro de normas específicas de segurança e higiene para alocar os pneus inservíveis temporariamente, até que atinja o carregamento mínimo de 2000 pneus de automóvel ou 300 pneus de carga, para então seguirem até seu destino final. No Brasil, 98% do transporte de pneus são realizados por caminhões e 2% por barcos, principalmente na região norte.

Os distribuidores e revendas têm duas opções para o encaminhamento dos pneus: empresas de triagem e seleção ou destinação final. No processo de triagem os pneus são classificados em servíveis ou inservíveis, sendo que os primeiros são vendidos como pneus meia-vida ou encaminhados para empresas de recauchutagem; e os inservíveis são destinados a empresas que fazem o pré-tratamento. Em 2004, 68% dos pneus coletados eram considerados inservíveis, 16% vendidos como pneus meia-vida e 16% eram destinados para a reforma (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

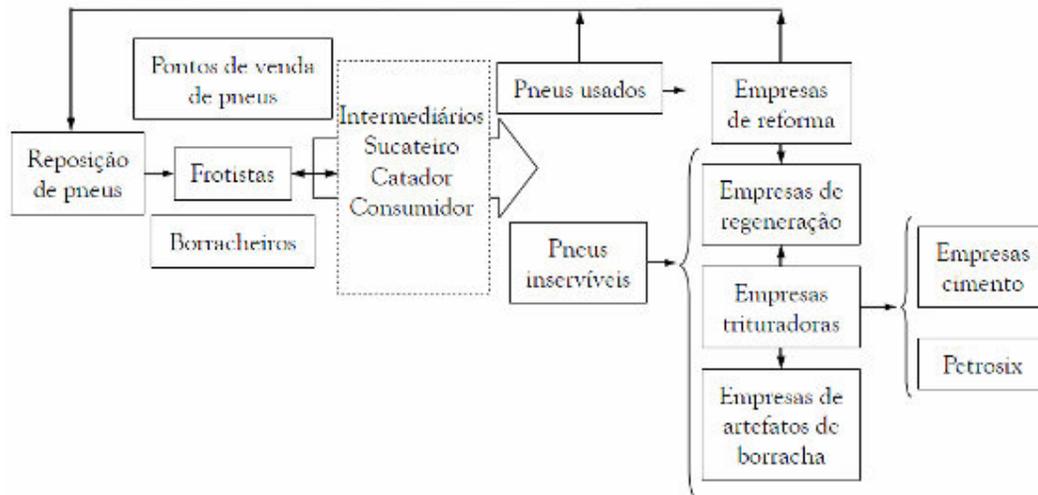
### 3.6 TECNOLOGIAS DE DESTINAÇÃO ADOTADAS NO BRASIL

Segundo dados retirados do ANIP (2006) a porcentagem de pneus usados que voltam a rodar, seja pelo reuso ou após processo de reforma, é de 46,8%, sendo que os 53,2% restantes são inservíveis. No Brasil os possíveis destinos destes são: deposição em lixões ou aterros sanitários; recuperação dos materiais pela produção de artefatos de borracha ou aproveitamento em materiais não poliméricos (asfalto, borracha, Concreto Deformável e Isolante); reutilização em playground; drenagem de águas pluviais; recifes artificiais marinhos; flutuantes em

portos; proteção nas estradas etc; utilização para geração de energia através da queima ou obtenção de óleos e gases derivados do pneu; além de outras ações não controladas como armazenamento nas residências.

Devido à legislação, foram criados alguns programas para o descarte ambientalmente adequado dos pneus, com o uso das tecnologias existentes. Dentre as alternativas economicamente viáveis os pneus inservíveis podem seguir três caminhos (Figura 4): os pneus convencionais são destinados para as empresas que realizam a laminação e transformação da borracha em artefatos diversos, como solados, cintas de sofá, tapetes para carros etc; os pneus radiais, na maior parte das vezes, são triturados e depois encaminhados para empresas produtoras de cimento, para queima nos fornos de clínquer, com sistemas especiais de retenção e filtração, que hoje é o processo mais utilizado no Brasil, ou ainda para o Processo Petrosix® (unidade produtiva de Petróleo Brasileiro S.A (PETROBRAS) que processa xisto betuminoso para obtenção de petróleo bruto) que os co-processa; ou os pneus podem ser encaminhados para empresas regeneradoras de borracha, que os transforma em pó de borracha, embora sejam poucas as empresas que realizam este processo a partir dos pneus, pois a maior parte delas se abastece dos resíduos gerados pelo processo de raspagem dos pneus usados, realizados pelas empresas reformadoras (MOTTA, 2008).

Para que um programa de destinação correta de qualquer resíduo aconteça, como no caso dos pneus, a participação dos cidadãos junto com a conscientização por parte dos produtores se faz imprescindível, para fins de produção e consumo sustentáveis. Por este motivo desenvolve-se a gestão ambiental nos municípios, para que as indústrias possam colocar em prática o conceito de desenvolvimento sustentável e aplicar a destinação aos pneus mais adequada ambientalmente e economicamente (GUADAGNIN; CECHELLA; MARIANO, 2010).



**Figura 04: Cadeia de reposição de pneus.**

**Fonte: MOTTA, 2008.**

### 3.6.1 A Indústria da Recauchutagem

Depois do combustível, os pneus constituem o item de maior custo de uso nos veículos. Devido a isto, a recauchutagem foi desenvolvida com o objetivo de reformar um pneu usado, repondo e vulcanizando a camada superior de borracha da banda de rolamento, ou seja, adicionando novas camadas de borracha nos pneus velhos, para aumentar a vida útil do pneu, proporcionando uma economia de cerca de 80% de energia e matéria prima, em relação à produção de pneus novos (RESENDE, 2004).

Esse é um processo que tira plena vantagem do valor remanescente nos pneus usados. Portanto, a recauchutagem de pneus apresenta a oportunidade de reaver todo seu valor agregado a um certo custo de recuperação. Para isso, é necessário que a estrutura geral do pneu esteja conservada, não apresentando cortes ou deformações, e a banda de rodagem ainda apresente os sulcos e saliências que permitem sua aderência ao solo (BEAL; BATISTELA; PEGORARO, 2009).

No Brasil, as estradas não facilitam muito esse processo, metade das carcaças de pneus não atende as condições para a reforma por causa da má conservação das mesmas, tendo sua vida útil reduzida significativamente. Além disso esse tipo de reciclagem possui um custo relativamente alto, uma vez que a

reforma de um pneu de caminhão custa em torno de um terço de um novo. Já um pneu reformado de automóvel pode custar até 60% de um novo (RESENDE, 2004).

Apesar dessas limitações, o Brasil ocupa o 2º lugar no ranking mundial de recauchutagem de pneus com 11 mil toneladas mensais, perdendo apenas para os EUA com 23 mil toneladas mensais de pneus recauchutados (GAZETA MERCANTIL, 2003). Entretanto a recauchutagem de pneus não significa eliminar o problema porque, naturalmente, ocorrerá o desgaste, talvez até em menor tempo que um pneu novo e haverá necessidade de disposição adequada, além disso, o número de pneus permanece o mesmo (LACERDA, 2001).

Porém a partir desse tipo de reciclagem são desenvolvidas várias técnicas, aproveitando o material para confecção de novos produtos, por exemplo: a extração dos pneus para a obtenção de grânulos de borracha. Que servirá para cobrir áreas de lazer e quadras esportivas, fabricar tapetes para automóveis; passadeiras; saltos e solados de sapatos; colas e adesivos; câmaras de ar; rodos domésticos; tiras para indústrias de estofados; buchas para eixos de caminhões e ônibus, entre outros produtos. Nos pavimentos de estradas, o pó gerado pela recauchutagem e os restos de pneus moídos podem ser misturados ao asfalto aumentando sua elasticidade e durabilidade. Outra tecnologia conhecida é quando os pneus são transformados em óleo, gás e enxofre. Além disso, os arames que existem nos pneus radiais podem ser separados e reutilizados em outros processos. Diante disso, é visível que muita coisa é aproveitada com a reutilização dos pneus, desde na área de transporte como na utilização de sola de sapatos (FURTADO; GUIMARAES, 2011).

### 3.6.2 A Indústria Cimenteira

Na Alemanha Oriental, em 1978 surgiu a iniciativa da aplicação de combustíveis alternativos àqueles utilizados nos fornos de cimento alemães, onde anualmente são produzidas cerca de 350.000 toneladas de pneus descartados. Isto deu origem a um teste da queima de pneus em fornos de cimento na planta de Amoneburg em Wiesbaden. O consumo de pneus desta planta só foi limitado pela disponibilidade de pneus automotivos descartados, uma vez que este processo compete com o mercado de pneus usados e com o mercado de reciclagem de borracha. O consumo energético por unidade de calor gerado até então observado

foi reduzido de 50% com o uso de pneus em relação ao proporcionado pelo uso do lignito (GOULART; MARIOTONI; SANCHEZ, 1999).

A Indústria Cimenteira brasileira alcançou uma receita líquida de R\$ 1,7 bilhão em 1999 (VOTORANTIM, 2001), sendo que a produção e o consumo encontram-se por região conforme mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Produção e Consumo de Cimento por Região em 2000**

Região	Janeiro – Dezembro / 2000	
	Consumo (%)	Produção (%)
Norte	5,29	2,95
Nordeste	18,03	18,56
Sudeste	53,22	53,51
Sul	15,65	14,97
Centro-Oeste	7,82	10,02

**Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (2001)**

Como dito anteriormente, o uso de pneus inservíveis como combustível na indústria de cimento já é conhecida e praticada há muito tempo, em todo mundo 78 fábricas de cimento já fazem o co-processamento. No Brasil, esta técnica ainda está sendo desenvolvida, apenas a Ciminas, empresa do grupo multinacional HOLDERCIM, de origem suíça, localizada no Estado de Minas Gerais, realiza este tipo de processo (Folha de São Paulo, 2000).

De acordo com entrevista concedida pelo engenheiro Francisco Alberto Souza (Jornal Hoje em Dia, 2000), Gerente de Combustíveis Alternativos, as temperaturas são tão elevadas dentro do forno que até a parte metálica dos pneus se desintegra e fica agregada à parte cristalina do clínquer - cimento seco antes de ser triturado.

Ainda segundo ele, esta utilização significa uma vantagem econômica porque quando pneus inteiros são usados, pode-se substituir de 5 a 8% do combustível tradicional, que é mais caro. O pneu picado, que ainda não é utilizado pela CIMINAS, possibilita uma substituição de até 15%. Como 45% do custo de produção do cimento é gasto com energia térmica e o combustível é uma das três matérias-primas que elevam o custo do cimento, além da argila e do calcáreo; portanto há uma alta economia com a queima de pneus descartados.

Continuando, ele declara que caso todas as 64 fábricas de cimento brasileiras usassem pneus como combustível, o problema de pneus descartados seria melhor controlado. Além disso, seria possível economizar recursos naturais não renováveis, como óleo e carvão e diminuir a poluição do ar, porque ocorre a combustão total da borracha e pode-se controlar a emissão de gases através de filtros.

Já outras indústrias, como papel e celulose e termoelétricas, não utilizam o pneu propriamente dito como combustível, mas sim um derivado do pneu, o TDF (Tyre derived fuel). Assim, é necessário implantar um pré-processo para conseguir o TDF, o que aumenta os custos e, geralmente, impossibilita a adoção desta escolha de combustível. No Brasil, atualmente, apenas as empresas produtoras de cimento têm utilizado o pneu como combustível (MOTTA, 2008).

### 3.6.3 A Indústria de Petróleo através do Xisto – Projeto PETROBRAS

O interesse pela potencialidade do xisto é antigo, vem desde o final do século XVIII, nos Estados Unidos, onde cerca de 200 instalações extraíam querosene e óleo desta rocha.

A PETROBRAS tem realizado estudos em relação a essa fonte de hidrocarbonetos, visto que o Brasil possui um dos maiores volumes mundiais de xisto: reservas de 1,9 bilhão de barris de óleo, 25 milhões de toneladas de gás liquefeito, 68 bilhões de metros cúbicos de gás combustível e 48 milhões de toneladas de enxofre só na formação Irati, que abrange os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Goiás e onde está localizado a maior parte de xisto brasileiro (SANTOS; MATAI, 2010).

Desde 1998 a Petrobrás, por meio do projeto PETROSIX, instalou uma usina de reprocessamento conjunto de xisto e pneus descartados para a produção de óleo e gás natural, graças à tecnologia desenvolvida pela própria empresa e reconhecida mundialmente. A empresa localiza-se em São Matheus do Sul, no Paraná (Figura 5), onde a exploração de xisto betuminoso já ocorria há alguns anos (RESENDE, 2004).



**Figura 5. Unidade de Industrialização de Xisto.**

**Fonte: Petrobrás, 2015.**

A Usina Protótipo do Irati (UPI) iniciou operação em 1972 e em 1991, o processo PETROSIX consolida-se quando o Módulo Industrial (MI) entra em operação em plena escala. Hoje a UN-SIX processa diariamente 7.800 toneladas de xisto betuminoso gerando:

- 3.870 barris de óleo de xisto;
- 120 toneladas de gás combustível;
- 45 toneladas de gás liqüefeito;
- 75 toneladas de enxofre.

### **O processo PETROSIX com pneus**

Em 1954, a Petrobrás criou a Superintendência de Industrialização do Xisto, a Petrosix, com a meta de implementar um processo com viabilidade técnica e econômica para processar o xisto nacional. Tal estratégia visava à minimização da importação de combustíveis líquidos (SANTOS; MATAI, 2010).

A princípio desenvolvido para retortagem específica do xisto, mas posteriormente modificado para o aproveitamento do conteúdo energético de pneus usados e inservíveis através da pirólise (LAGARINHOS; TENÓRIO 2013).

O pneu já adequado em sua dimensão, cortado em pequenas tiras ou pedaços de 100 x 100 mm, é alimentado pelo topo da retorta onde segue um fluxo descendente passando pelas zonas de secagem, retortagem, resfriamento até ser descarregado pelo fundo da retorta juntamente com o xisto.

O processo PETROSIX, admite o processamento do xisto em conjunto com pneus picados em valores superiores a 5% da vazão total de xisto, o que permite uma capacidade de processamento de pneus da ordem de 17 toneladas/hora, representando aproximadamente 3 400 pneus/hora (LACERDA, 2001).

Neste processo, denominado Petrosix, para cada 1 tonelada de pneus co-processados são gerados: 530 kg de óleo, 40 kg de gás, 300 kg de negro de fumo e 100 kg de aço (LAGARINHOS; TENÓRIO 2008).

Vale salientar ainda, a certificação do processo Petrosix pela ISO 14000, definindo sua importância quanto à saúde pública, realização do passivo ambiental, cumprimento da legislação e atribuindo certificação ambiental a Petrobras (CABRAL; NASCIMENTO; SILVA, 2015).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho, foi-se desmistificando que não há o que fazer com os tantos pneus que são acumulados anualmente, existem sim, muitas formas de destinação adequadas que podem ser aplicadas no país e no mundo.

No Brasil, não existe nenhum incentivo por parte do governo para a reciclagem de pneus. Todo o processo de logística reversa é financiado pelos fabricantes e importadores de pneus novos. Dessa forma, eles mesmos têm que dar uma destinação adequada para esses pneus coletados. Como alternativa, pode-se citar dois grandes consumidores potenciais: A indústria de cimento e a indústria de petróleo através do xisto, tornando a cadeia da reciclagem de pneus um negócio auto-sustentável.

Uma opção que poderia ser verificada é o uso de pneus descartados como combustível complementar em termoelétricas no Brasil, como já é feito em outros 52 países.

Naturalmente, a recauchutagem de pneus permanece sendo a alternativa mais interessante para os pneus que apresentam as condições técnicas necessárias. Porém, a relação custo X benefício decorrente deve ser atrativa e segura o bastante para ter a aceitação dos consumidores. Além disso, mesmo que recauchutado o pneu precisará de destinação adequada em algum momento para o seu fim.

Outra possibilidade, com grande potencial num País como o Brasil, onde o transporte é eminentemente rodoviário, é o uso na recuperação da pavimentação ou recuperação de rodovias. Até agora se comentou apenas estratégias de baixo valor agregado para o uso de pneus descartados, mas já existem inúmeras possibilidades economicamente interessantes no Brasil, tais como (BORCOL, 2015): Tapetes automotivos; Estrados para indústrias, clubes e academias, lavanderias, balcões, câmaras e balcões frigoríferos, cozinhas industriais etc; Tapetes e capachos; Pallets; Sinalizadores para estrada; Solados para calçados em geral.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, H. S. **Pneus inservíveis**: alternativas possíveis de reutilização. 2007, 101 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007.

ANDRIETTA, A. J. **Pneus e meio ambiente**: um grande problema requer uma grande solução. Out. 2002. Disponível em: <http://www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/recipientes.htm>. Acesso: 18 ago. 2015.

Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos - ANIP. **ANIP em números e Reciclagem**, 2006. Disponível em: <<http://www.anip.org.br>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos - **ANIP**. São Paulo (2007). Disponível em: <<http://www.anip.com.br>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos - ANIP. – **“Produção na Indústria Brasileira e Reciclagem de Pneus”**, ANIP, São Paulo (2010). Disponível em: <<http://www.anip.com.br>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

BEAL, D. A.; BATISTELA, E. S.; CALDATTO, V.; PEGORARO, P. R. **Viabilidade de Implantação de Empresa Recicladora de Borracha**. 2009. 15 p. Universidade Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2009.

BEUKERING, P. J. H. JANSSEN, M. A. Trade and recycling of used tyres in Western and Eastern Europe. **Resources, Conservation and Recycling**. N. 33, p235-265, June 2001.

BNDES. **Complexo Químico**: Negro de fumo. Informe setorial, n. 9, jan. 1998.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Institui a Política Nacional de Meio Ambiente. Legislação ambiental: organizado por José Carlos Meloni Sicole. 2. ed. atual. São Paulo: IMESP, 2000, v. 2. p. 75-82.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução **CONAMA n. 258/99**, de 26 de agosto de 1999. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> Acesso em: 10 jul. 2015.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de meio Ambiente, CONAMA. *Resolução CONAMA nº 301/02, de 21 de março de 2002* - In: Resoluções 2003. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> Acessado em: 01 set. 2015.

BORCOL – **Indústria de Borracha**. Catálogos diversos. [S.l.:s.n.], [2015]

CABRAL, C. M. S; NASCIMENTO, J. R; SILVA, R. G. **Logística reversa de pneus inservíveis no Brasil**: Valorização energética a partir do co-processamento com a rocha de xisto. I Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, gás natural e biocombustíveis – CONEPETRO, 2015.

Cimenteira mineira é exemplo único no Brasil. **Jornal Hoje em Dia**, Minas Gerais, 17 set. 2000.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 416 de 30 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.cntdespoluir.org.br/Downloads/res41609.pdf>. Acessado em: 22 Ago. 2015.

FURTADO, Cora F. do Carmo; GUIMARÃES, M. F. **Processos de reciclagem de pneus no segmento de transportes de cargas**. Ano 2011. Disponível em: [http://www.convibra.com.br/upload/paper/adm/adm\\_2745.pdf](http://www.convibra.com.br/upload/paper/adm/adm_2745.pdf). Acesso em: 02 jul. 2015.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GOULART, E. A., MARIOTONI, C. A., SÂNCHEZ, C. G. **A Utilização da Gaseificação de Pneus Usados em Leito Fluidizado para a Produção de Energéticos**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, 1999.

GUADAGNIN, M. R; CECHELLA, E. C; MARIANO. **Inventário das fontes geradoras de pneus inservíveis de Criciúma, SC**. VII Simpósio Internacional de qualidade ambiental. Publicado de 17 a 19 de maio de 2010.

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial –" **Portaria nº 5, de 14 de janeiro de 2000**, Inmetro: São Paulo (2000).

LACERDA, L. P. **Pneus descartadas no Brasil** –subsídios para uma reflexão sobre o problema na Bahia. 2001, 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria – Ênfase em Produção Limpa) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2001.

LAGARINHOS, C. A. F., TENÓRIO J. A. S. **Tecnologias Utilizadas para a Reutilização, Reciclagem e Valorização Energética de Pneus no Brasil**, 2008. *Polímeros*. Vol.18 no. 2 .São Carlos, abr/jun 2008.

LAGARINHOS, C. A. F., TENÓRIO, J. A. S., BERNADES, A. M., CAPONERO, J. ESPINOSA, D. C. R., & DÍAZ, F. R. V. (2011). **Reciclagem de pneus: Análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa**. Universidade de São Paulo. 2011.

LAGARINHOS, C. A. F. TENORIO, J. A. S.. **Logística reversa dos pneus usados no Brasil**. *Polímeros* [online]. 2013, vol.23, n.1, pp. 49-58. Epub Oct 11, 2013.

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, pp. 167-184. jan/jun. 2008.

ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. **Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação**. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001.

OLIVEIRA, O. J.; CASTRO, R. **Estudo da destinação e da reciclagem de pneus inservíveis no Brasil**. XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Foz do Iguaçu, PR, 2007.

PIRELLI. Fios e postes, desapareçam!. **Revista Pirelli Club**, n.12, p. 8-12. 2000.

Pneus servem de combustível em indústria. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 31 ago. 2000. COTIDIANO, p. C1.

Pneus velhos têm os dias contados. **Gazeta Mercantil**. São Paulo, 27 nov. 2000. Balanço Ambiental.

RECICLANIP. **Institucional** – 2009. São Paulo Disponível em: [http://www.reciclanip.com.br/?cont=quemsomos\\_institucional](http://www.reciclanip.com.br/?cont=quemsomos_institucional). Acessado em: 30 de ago de 2015.

RESENDE, E. L. **Canal de distribuição reverso na reciclagem de pneus: estudo de caso**. 2004, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

RIBEIRO, C. M. C. **Gerencialmente de pneus inservíveis: coleta e destinação final**. 2005, 87 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada de Saúde do Trabalho e Meio Ambiente) – Centro Universitário Senac, São Paulo, SP, 2005.

RODRIGUES JORGE, M. R. P.; FERREIRA, O. P.; CLARETO NETO, S. **Aproveitamento de borracha de pneus inservíveis na produção de componentes para construção**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e tecnologia em resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis, SC: ICTR, 2004.

SANTOS, M, M; MATAI, P. H. L. **S A importância da industrialização ao xisto betuminoso frente ao cenário energético mundial**. *Rem: Rev. Esc. Minas* [online]. 2010, vol.63, n.4, Minas Gerais, 2010.

SILVA, E. L; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

**SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CIMENTO**. Apresenta informações sobre a indústria cimenteira brasileira. Disponível em: [www.sindicatodocimento.com.br](http://www.sindicatodocimento.com.br). Acesso em: 21 jul. 2015.

**VOTORANTIM CIMENTOS**. Apresenta informações sobre a empresa. Disponível em: [www.votorantim-cimentos.com.br/relatório.html](http://www.votorantim-cimentos.com.br/relatório.html). Acesso em: 28 jul. 2015.

## Apêndice A



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional  
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Sistema de Bibliotecas

### DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor: \_\_\_\_\_

CPF: \_\_\_\_\_ Código de matrícula: \_\_\_\_\_

Telefone: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Curso/Programa de Pós-graduação: \_\_\_\_\_

Orientador: \_\_\_\_\_

Co-orientador: \_\_\_\_\_

Data da defesa: \_\_\_\_\_

Título/subtítulo: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Tipo de produção intelectual: ( ) TCC<sup>1</sup> ( **x** ) **TCCE**<sup>2</sup> ( ) Dissertação ( ) Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei no 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei no 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de ideias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do autor

\_\_\_\_\_  
 Local e Data

<sup>1</sup> TCC – monografia de Curso de Graduação.

2 TCCE – monografia de Curso de Especialização.

Instrução Normativa Conjunta 01/2011 – PROGRAD/PROPPG

## Apêndice B



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional  
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Sistema de Bibliotecas

### TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no item 4, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: ( ) TCC<sup>1</sup> ( **X** ) TCCE<sup>2</sup> ( ) Dissertação ( ) Tese  
 2. Identificação da obra:

Autor: \_\_\_\_\_  
 CPF: \_\_\_\_\_ RG: \_\_\_\_\_ Código de matrícula: \_\_\_\_\_  
 Telefone: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Curso/Programa de Pós-graduação: **Especialização em Gestão Ambiental em Municípios** \_\_\_\_\_

Orientador: \_\_\_\_\_

Coorientador: \_\_\_\_\_

Data da defesa: \_\_\_\_\_

Título/subtítulo português: \_\_\_\_\_

Título/subtítulo \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_\_ outro idioma): \_\_\_\_\_

Área de conhecimento do CNPq: \_\_\_\_\_

Palavras-chave: \_\_\_\_\_

Palavras-chave em outro idioma: \_\_\_\_\_

3. Agência(s) de fomento (quando existir): \_\_\_\_\_

#### 4. Informações de disponibilização do documento:

Restrição para publicação: ( ) Total<sup>3</sup> ( ) Parcial<sup>3</sup> ( **X** ) Não Restringir

Em caso de restrição total, especifique o porquê da restrição: \_\_\_\_\_

Em caso de restrição parcial, especifique capítulo(s) restrito(s): \_\_\_\_\_

Assinatura do autor

Assinatura do Orientador

Local e data

<sup>1</sup> TCC – monografia de Curso de Graduação

<sup>2</sup> TCCE – monografia de Curso de Especialização.

<sup>3</sup> A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os métodos ficarão sempre disponibilizados.