

## ANÁLISE DE REDE EM AMBIENTE DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA TOMADA DE DECISÃO EM LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS

Gabriela Diedrichs Barbosa ( Universidade Estadual do Centro-Oeste) gabi\_db90@hotmail.com  
Paulo Costa de Oliveira Filho (Universidade Estadual do Centro-Oeste) paulocostafh@gmail.com

**Resumo:** No Brasil, centenas de milhões de pneus velhos têm sido descartados em aterros, terrenos baldios, estradas, rios e lagos e, a cada ano, dezenas de milhões de pneus novos são fabricados no país. Por ocuparem grande espaço, apresentarem baixa compressibilidade, favorecerem a proliferação de insetos e roedores e possuírem degradação lenta, a disposição final dos pneus é um problema de difícil solução. Segundo a legislação brasileira, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pneus são obrigados a implementar um sistema de logística reversa, mediante retorno dos produtos após seu uso pelo consumidor. Os pneus descartados podem ser reformados ou reutilizados para diversos fins, como na geração de energia, obras de contenções, pavimento asfáltico, entre outros. No presente estudo foi criado um cenário para simular os 22 possíveis destinos para os pneus usados e implementado um modelo de dados espacial baseado em logística de rede com a finalidade de espacializar os fluxos possíveis da logística reversa dos pneus. Foram criados quatro critérios para decisão da melhor alternativa, sendo estes a qualidade, o custo, a operação e a facilidade de acesso. Como parâmetros definidores para esses critérios, foram atribuídos valores numéricos ou impedâncias, de modo a tornar as simulações mais próximas da realidade. Os resultados do uso da rede implementada mostraram os caminhos mais eficientes que devem ser tomados levando em consideração cada critério. Estes resultados demonstraram boas possibilidades para a utilização desta ferramenta no auxílio à tomada de decisão de destinação do material na logística reversa de pneus..

**Palavras-chave:** geoprocessamento, reutilização de pneus, caminho ótimo.

## ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL NETWORK GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR DECISION MAKING IN REVERSE LOGISTICS OF TIRES

**Abstract:** In Brazil, hundreds of millions of old tires are scattered in landfills, vacant lots, roads, rivers and lakes, and each year, tens of millions of new tires are manufactured in the country. Why occupy large space, its low compressibility, favoring the proliferation of insects and rodents and having slow degradation, the final disposal of tires is a difficult problem. Under Brazilian law, manufacturers, importers, distributors and tire dealers are required to implement a reverse logistics system, upon return of the product after use by consumers. The discarded tires can be retreaded or reused for various purposes such as power generation, construction of retaining walls, river banks, sports courts, playgrounds, asphalt paving, among others. We created a scenario to simulate the 22 possible destinations for used tires and this was implemented in an environment of geographical information system in the form of a network based on topological arc-node model, in order to spatialize possible flows of reverse logistics tires. Were established four criteria for the decision of the best alternative, these being the quality, cost, operation, and ease of access. As the criteria for defining parameters in order to model the network have been assigned numerical values or impedance, so as to make the simulations are closer to reality. The results of using the implemented network shown the most effective ways to be taken considering each criterion. The results showed good possibilities for using this tool to aid in decision making for the allocation of the material in reverse logistics tires..

**Keywords:** GIS, reuse of tires, the optimal path..

### 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da economia, o rápido desenvolvimento tecnológico, o aumento da população e o consumo cada vez maior movimentam o país, criam empregos e renda à população, porém acabam gerando um grande volume de resíduos, tornando a destinação destes materiais um grave problema a ser solucionado.

No Brasil, os pneus constituem uma parcela significativa deste problema. Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), as dez empresas associadas à ANIP produziram, em 2012, cerca de 62,6 milhões de unidades de pneus. Estudos apontam que pelo menos metade deste número é descartado ao ano no Brasil.

Grande quantidade de pneus tem sido descartada de forma inadequada por todo o país, em lixões, rios, lagos, ruas, rodovias, terrenos baldios e quintal de casas. De acordo com Bertollo et al. (2002) e Nohara et al. (2006), os pneus são caracterizados por ocuparem muito espaço, apresentarem baixa compressibilidade, favorecerem a proliferação de insetos e roedores, possuírem degradação lenta, superior a 150 anos, conforme Reciclanip (2012), contribuírem para enchentes e entupimentos de redes de esgoto e, se queimados de maneira errada, também poluem a atmosfera, as águas e o solo. Devido a todos esses fatores, sua disposição final se torna um problema de difícil solução. Tendo em vista os diversos passivos ambientais causados por tamanha quantidade de resíduos e seu descarte na natureza, a sociedade cobra soluções para uma melhor relação entre o desenvolvimento tecnológico e o meio ambiente.

Assim, surgiram diversas legislações com o objetivo de satisfazer o desenvolvimento econômico e tecnológico, garantindo a preservação do meio ambiente. No Brasil, foram aprovadas as Resoluções nº 258/99, 301/02 e 416/09 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 1999; BRASIL, 2002; BRASIL, 2009). Estas resoluções dispõem sobre a responsabilidade dos fabricantes e importadores de pneus novos à coleta e destinação ambientalmente adequada dos pneus descartados considerados inservíveis, de forma progressiva e proporcional à produção e importação, a partir de janeiro de 2002. Tornou-se proibida a disposição de pneus em aterros, devido à dificuldade de compactação dos pneus e à redução da expectativa de vida dos aterros. Em 2010, foi instituído no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010). Com a aprovação dessa lei, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pneus são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor. Segundo Leite (2009), os bens industriais apresentam ciclos de vida útil diferenciados, de algumas semanas ou de muitos anos, após os quais são descartados pela sociedade, constituindo os produtos de pós-consumo e os resíduos sólidos em geral. As diferentes formas de processamento desses produtos ou de seus materiais constituintes, desde a coleta até sua reintegração ao ciclo produtivo como matéria-prima secundária de algum outro processo, são denominadas Logística Reversa. De acordo com o inciso XII do artigo 3º da referida lei, a logística reversa é definida como instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Como é proibida, segundo a legislação brasileira, a disposição de pneus em aterros e a logística reversa dos mesmos é obrigatória, se faz necessário o uso de possíveis alternativas tecnológicas para a destinação de pneus inservíveis. Essas alternativas, encontradas em literatura, estão descritas a seguir.

### 1. Reutilização.

Os pneus inservíveis, na sua forma inteira, podem ser utilizados para proteção de encostas, obras de contenções, margens de rios, quebra-mares, proteção de docas e embarcações, recifes artificiais, equipamentos de playgrounds, jardins, entre outros (BERTOLLO et al., 2002; LAGARINHOS, 2011). (Figuras 02, 03 e 04).



Fonte: G1 Rio de Janeiro

Figura 02 – Paredes de pneus que ajudam na contenção de encostas de terrenos de Paraíba do Sul, RJ



Fonte: Consciência com ciência

Figura 03 – Pneu usado como recife artificial



Fonte: Consciência com ciência

Figura 04 – Jardim com pneus

Estas são propostas de baixo custo, que utilizam um número razoável de pneus e envolvem ações de instalação e manutenção relativamente simples, porém, segundo Bertollo et al. (2002), são alternativas finitas e saturáveis a curto prazo, que necessitam de uma futura destinação final quando os pneus não forem mais utilizados.

## 2. Reforma.

Os pneus podem ser reconstruídos a partir de pneus usados, colocando-se uma nova banda de rodagem, através da recapagem, recauchutagem e da remoldagem. A reforma de pneus alonga a destinação final e reduz impactos ambientais.

De acordo com a Associação Brasileira do Segmento de Reforma de Pneus (ABR), a reforma de pneus é uma prática mundial que teve sua origem como forma de evitar o desperdício, empregando apenas 20% do material utilizado na produção de um pneu novo. As carcaças dos pneus são projetadas para suportar sobrevidas, reformando-se em média duas vezes, gerando três vidas para o pneu. No Brasil, em 2012, foram reformados 8,8 milhões de pneus de caminhão e ônibus e 7 milhões de pneus de automóveis. O Brasil é o 2º no mercado mundial de reforma de pneus, perdendo apenas para os Estados Unidos da América.

Todavia, como cita Lacerda (2001), esses processos de reforma de pneus não eliminam o problema, pois ocorrerá novamente o desgaste do pneu, havendo necessidade de disposição futura do mesmo.

## 3. Laminação.

Na laminação, os pneus são cortados em lâminas, servindo para a fabricação de percintas para sofás, cestos, solas de calçados, rodos, entre outros (LAGARINHOS, 2011; RECICLANIP, 2012). Lagarinhos (2011) ainda afirma que este processo é de baixo custo e não causa impactos ambientais, desde que os resíduos gerados sejam corretamente descartados. (Figuras 05 e 06).



Fonte: Pneus Sarapuí

Figura 05 – Percinta para sofá, feito de pneu



Fonte: Pneus Sarapuí

Figura 06 – Solas de calçados, feito de pneu

#### 4. Granulação.

Os pneus granulados podem ser usados em revestimento de quadras e pistas de esportes, como amortecedores de campos de futebol, na fabricação de tapetes automotivos, em adesivos, na aeração de compostos orgânicos em processos de compostagem, entre outros (BERTOLLO et. al., 2002; RECICLANIP, 2012; SPECHT, 2004). Segundo Bertollo et. al. (2002), quanto menor a granulometria do pneu, maior o custo envolvido no processo. (Figuras 07 e 08).



Fonte: PINI Web Notícias

Figura 07 – Grama sintética com grânulos de borracha para amortecer impactos dos atletas



Fonte: Rei dos Tapetes Automotivos  
Figura 08 – Tapete automotivo, feito de pneu

#### 5. Pavimento asfáltico.

Caracterizado pela qualidade, maior vida útil, redução na manutenção, menor geração de ruídos e diminuição dos riscos de aquaplanagem em dias de chuva (LAGARINHOS, 2011; MENDES et al., 2009; RECICLANIP, 2012), o asfalto-borracha consiste na adição de pó de borracha oriundo da trituração de pneus inservíveis à massa asfáltica. Segundo Lagarinhos (2011), o asfalto-borracha custa 30% a mais que o asfalto convencional, porém sua durabilidade pode chegar a ser duas vezes maior. Esta alternativa para o descarte de pneus inservíveis vem crescendo cada vez mais em todo o planeta, devido aos seus resultados positivos, mas ainda é preciso baratear os custos e aumentar os incentivos para o uso desta tecnologia.

#### 6. Coprocessamento.

Conforme explica Lacerda (2001), a queima de pneus a céu aberto possui combustão incompleta, resultando em produtos químicos que escapam da zona de combustão sem estarem completamente queimados, causando poluição. Porém, em caldeiras adequadas, pneus ou seus fragmentos podem ser queimados completamente e, devido ao seu alto poder calorífico, podem ser utilizados como fonte de energia.

Ainda segundo a mesma autora, normalmente os pneus inservíveis passam por uma inspeção e, os que não forem passíveis de reformas e aqueles que são rejeitados após já terem sido reformados, poderão ser queimados e utilizados para gerar energia.

De acordo com Reciclanip (2012), devido ao seu alto poder calorífico, os pneus inservíveis de todo o Brasil estão sendo cada vez mais utilizados como combustível alternativo em fornos de cimenteiras, substituindo o coque de petróleo (Tabela 01).

Tabela 01: Calor líquido gerado por diferentes fontes de combustão (milhões de BTU/Ton)

<b>Coque do petróleo</b>	<b>30</b>
<b>Pneu inservível</b>	27
<b>Carvão</b>	25
<b>Farinha de osso bovino</b>	17.5
<b>Estopa com petróleo</b>	13.5

Fonte: adaptado de Reciclanip (2012)

Segundo Lagarinhos (2011), o coprocessamento de pneus em fornos de cimenteiras é uma atividade que proporciona o aproveitamento térmico dos pneus inservíveis, reduz a queima de combustíveis fósseis não renováveis, reduz o custo de produção de cimento, gera menor quantidade de dióxidos de enxofre e nitrogênio que os combustíveis tradicionais e incorpora ao clínquer, de maneira segura, o aço contido nos pneus. Além disso, os resíduos gerados no coprocessamento podem ser utilizados como matéria-prima na fabricação do cimento.

O coprocessamento pode ser realizado tanto para pneus triturados quanto para pneus inteiros. Conforme explica Lagarinhos (2011), os pneus triturados possuem combustão mais fácil, alimentação regular e transporte simples, entretanto, exigem custo de investimento com trituradores e maior consumo de energia para a trituração. Já os pneus inservíveis inteiros possuem baixo custo de preparação, porém apresentam alto custo de transporte e estocagem e um baixo nível de substituição de combustíveis fósseis.

Neste trabalho, as informações da logística reversa geraram um fluxograma, o qual foi modelado em ambiente de sistema de informações geográficas, para a utilização de ferramentas de análise de rede na tomada de decisão sobre o percurso e destinação de pneus usados.

Segundo Miranda (2010), rede é um conjunto de elementos lineares interconectados, o qual geralmente é aplicado no estudo de recursos que se movimentam de um lugar para outro, como por exemplo, ruas, rede de energia elétrica, rede de água e esgoto, rotas aéreas de companhias, rios e córregos.

Miranda (2010) e Lorena (s/d) explicam que, quando implementada em um sistema de informações geográficas, a análise de rede pode otimizar rotas, como de ambulância, bombeiros, polícia, tráfego aéreo, serviço de entregas, coleta de lixo e ônibus e pode identificar a melhor alocação de empreendimentos, como escolas, hospitais e aterros sanitários.

Miranda (2010) ainda cita que, durante a realização de uma análise de rede, deve ser considerado o objeto de estudo, seu destino e suas impedâncias. Segundo Silva (1999), cada arco está associado a uma dificuldade em iniciar um movimento a partir de um determinado nó até alcançar outro nó, sendo esta dificuldade chamada de fator de impedância. A impedância pode ser definida de acordo com o grau de dificuldade existente no segmento e este vai depender da natureza do problema. Por exemplo, em uma rede rodoviária, os fatores de impedância poderiam ser distância, semáforo, tipo de pavimentação e sentido da rua. Considerando que não foram encontrados estudos em periódicos nacionais que tratem da aplicação da logística reversa de pneus em redes de sistema de informação geográfica, este trabalho tem por objetivo encontrar a melhor alternativa para a logística reversa de pneus, através da ferramenta de análise de rede em ambiente de sistema de informações geográficas, utilizando software livre, para auxiliar as tomadas de decisões dos responsáveis pela destinação do material.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, foi realizada uma revisão de literatura e entrevistas com diversas empresas da área de pneus, reciclagem e logística reversa (ANIP – Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos, Reciclanip, Tortuga Câmaras de Ar, Essencis Soluções Ambientais, Grupo Philus Engenharia, Xibiu Reciclagem de Pneus, Pneus Sarapuí e UTEP – Usina de Tratamento Ecológico de Pneus). Através das informações obtidas, foi elaborado um fluxograma onde constam as possíveis alternativas de destinação de pneus usados.

Foi criado um cenário para a simulação do fluxograma real de possibilidades da logística reversa de pneus, através de uma rede virtual de representação vetorial no *software*

SPRING (versão 5.2.4), um ambiente livre de sistema de informações geográficas desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, onde foi empregado o modelo arco-nó de topologia de rede para a representação dos possíveis fluxos ou roteiros considerando as 22 alternativas de destinação de pneus usados.

O cenário foi criado para as seguintes alternativas: reutilização (proteção de encostas, obras de contenções, margens de rios, quebra-mares, proteção de docas e embarcações, recifes artificiais, equipamentos de playgrounds e jardins), reforma (recapagem, recauchutagem e remoldagem), laminação (percintas para sofás, cestos, solas de calçados e rodos), granulação (revestimento de quadras e pistas de esportes, amortecedores de campos de futebol, tapetes automotivos, adesivos e aeração de compostos orgânicos na compostagem), coprocessamento e pavimento asfáltico.

A seguir, cada trecho de um possível caminho foi representado e espacializado como uma representação de linha ou arco. Para classificar os arcos ou representações lineares do modelo simulado, foram utilizados quatro critérios, sendo estes: 1) a qualidade mínima necessária em que deve se encontrar o pneu; 2) o custo para se realizar o processo; 3) o nível da operação utilizado e; 4) a facilidade de acesso (dos centros urbanos, área rural e região litorânea) às alternativas geradas pelos pneus usados.

Cada segmento de linha ou arco da rede recebeu uma nota ou atribuição dentro desses quatro aspectos, valor esse no intervalo de 1 a 9, considerando, para os critérios de qualidade e custo, 1 – baixo, 5 – médio e 9 – alto, para o critério de operação, 1 – simples, 5 – moderado e 9 – complexo e, para o critério de facilidade de acesso, 1 – fácil, 5 – médio e 9 – difícil. Este valor atribuído para um determinado critério, na modelagem de rede em ambiente SIG é conhecido como impedância, pois valores maiores traduzem uma maior dificuldade na escolha do percurso. A avaliação de cada impedância foi realizada com base em pesquisa em literatura, entrevista com profissionais capacitados e empresas do ramo. Esses dados foram inseridos como dados alfanuméricos no programa e associados a cada arco ou segmento da rede, possibilitando rotas alternativas dentro da rede, conforme o critério escolhido.

Preenchidas as tabelas e associados os dados aos respectivos arcos, utilizou-se a ferramenta de Custo Mínimo, disponível para trabalhos de análise de redes em ambiente de sistema de informações geográficas. Ao ser selecionado um ponto de partida (início da rede) e um ponto de chegada (ponto final da rede, espacializado além de qualquer uma das alternativas de utilização dos pneus, forçando a conclusão do percurso) o software apresentou, em tempo real, a escolha do melhor caminho, ou seja, o resultado espacial dos percursos mais eficientes conforme o critério escolhido.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na fase inicial do trabalho foi desenvolvido um fluxograma com as possíveis alternativas para destinação final de pneus usados (Figura 09).

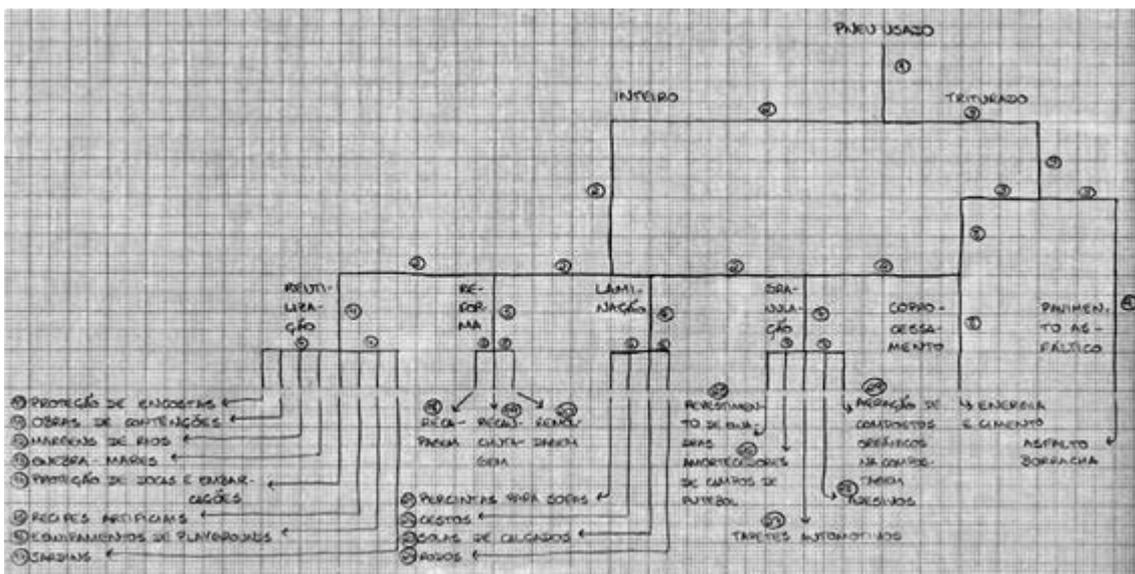


Figura 09 – Fluxograma da logística reversa de pneus

Utilizando-se o módulo de edição vetorial do *software* SPRING, versão 5.2.4, foi criado um cenário para a modelagem de rede do modelo arco-nó com seus diferentes atributos e impedâncias (Figura 10).

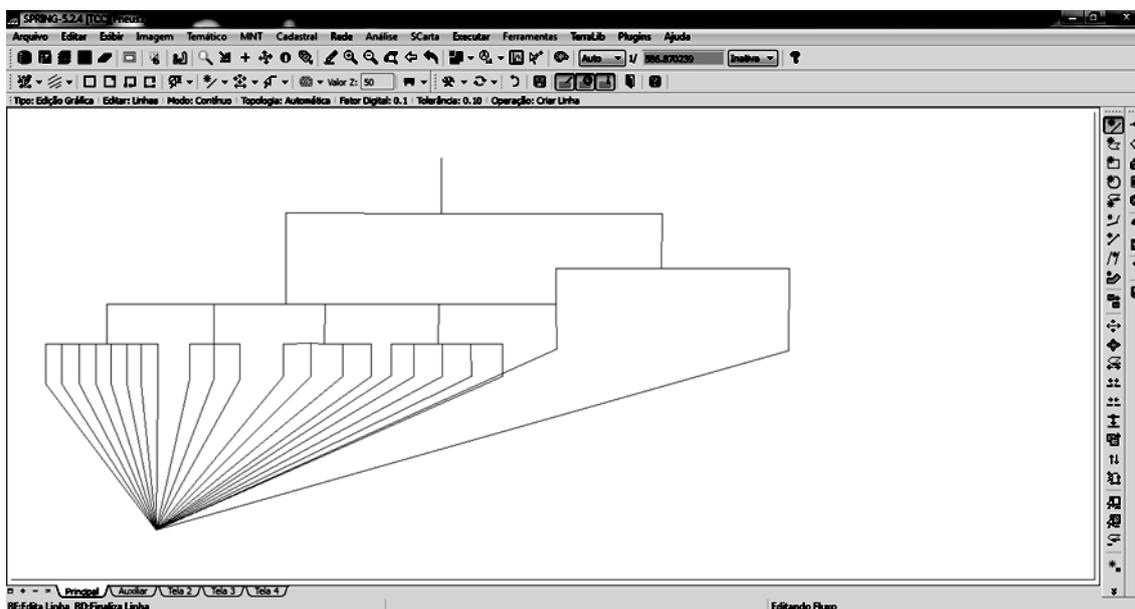


Figura 10 – Rede de logística reversa de pneus

Foram criadas quatro tabelas (qualidade, custo, operação e facilidade de acesso) com os valores de impedância para cada segmento da rede (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Cada valor foi associado ao seu respectivo segmento na rede.

Tabela 02: Qualidade mínima necessária

Segmento da rede	Valor de impedância	Segmento da rede	Valor de impedância
1	0	16	9
2	5	17	2
3	1	18	9
4	5	19	8
5	9	20	7
6	3	21	5
7	2	22	4
8	1	23	3
9	1	24	2
10	8	25	6
11	6	26	5
12	3	27	4
13	4	28	3
14	5	29	2
15	7		

Tabela 03: Custo

Segmento da rede	Valor de impedância	Segmento da rede	Valor de impedância
1	0	16	8
2	1	17	5
3	7	18	5
4	2	19	6
5	6	20	7
6	5	21	5
7	5	22	3
8	9	23	4
9	9	24	2
10	6	25	6
11	9	26	3
12	3	27	5
13	4	28	4
14	2	29	2
15	7		

Tabela 04: Operação

Segmento da rede	Valor de impedância	Segmento da rede	Valor de impedância
1	0	16	8
2	1	17	2
3	8	18	5
4	2	19	6
5	4	20	7
6	5	21	4
7	7	22	3
8	9	23	5
9	9	24	2
10	7	25	6
11	9	26	3
12	3	27	5
13	4	28	4
14	5	29	2
15	6		

Tabela 05: Facilidade de acesso

Segmento da rede	Valor de impedância <i>Centros urbanos</i>	Valor de impedância <i>Área rural</i>	Valor de impedância <i>Região litorânea</i>
1	0	0	0
2	0	0	0
3	1	9	7
4	1	1	1
5	1	7	1
6	1	7	3
7	1	7	3
8	1	9	5
9	1	5	5
10	2	1	5
11	1	2	6
12	5	5	2
13	7	7	1
14	6	6	3
15	8	8	4
16	4	4	8
17	3	3	7
18	4	5	4
19	5	6	5
20	6	7	6
21	3	5	4
22	5	3	3
23	2	4	5
24	4	2	2
25	1	3	2
26	2	2	1
27	3	5	3
28	4	4	4
29	5	1	5

Selecionou-se o ponto de partida e chegada na rede. Em seguida, escolheu-se uma a uma, os critérios para análise da rede (figuras 11, 12, 13 e 14).

Para o critério da qualidade, o caminho ótimo mostrado pelo *software* foi o que resulta no produto pavimento asfáltico. Ou seja, considerando a qualidade (figura 11) em que se encontra o pneu usado, para a alternativa da construção do asfalto-borracha, o pneu necessário pode se apresentar com uma qualidade baixa, diferente das outras opções, que requerem uma qualidade maior e, assim, possuem uma impedância maior.

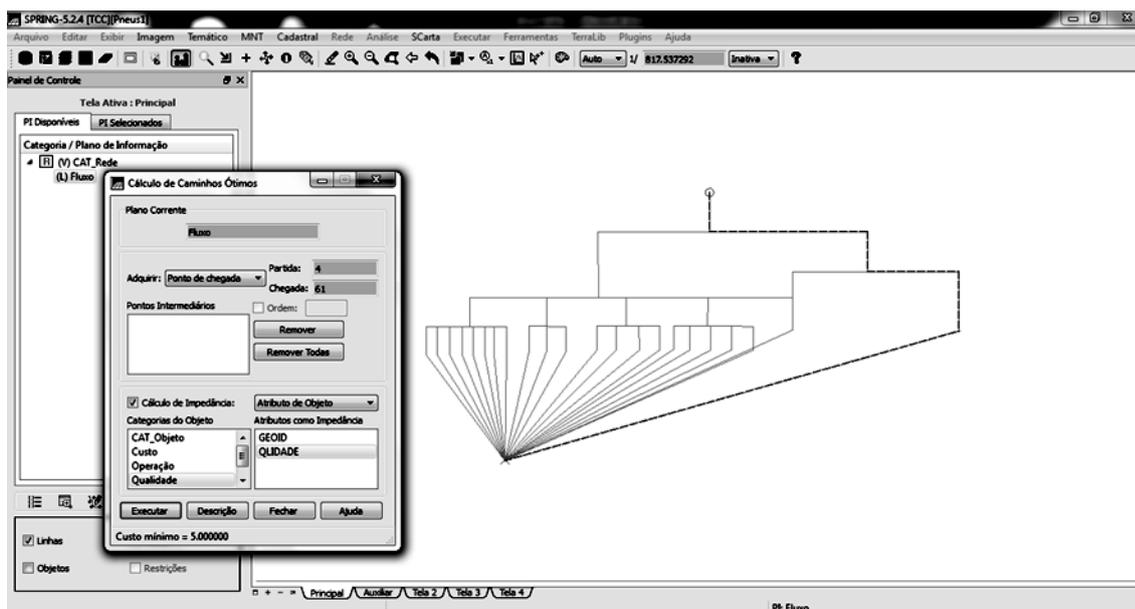


Figura 11 – Resultado para o critério Qualidade

No caso do critério custo (figura 12), o *software* apresentou como caminho ótimo o pneu sendo utilizado para a proteção de docas e embarcações. Este novo uso para o pneu é o que apresenta menores gastos financeiros, por não ser necessário fazer a aquisição de outros produtos para este ser aplicado. Porém, esta solução se torna mais viável em cidades do litoral ou com grandes rios.

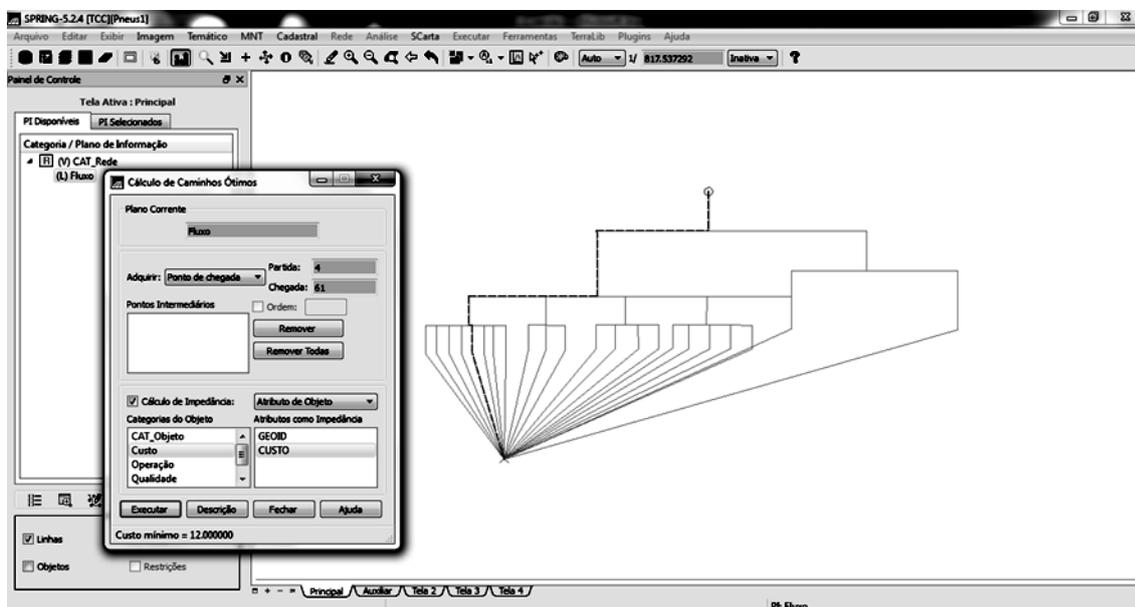


Figura 12 – Resultado para o critério Custo

Para o critério de operação (figura 13), os quebra-mares se mostraram o produto do caminho mais eficiente. Esse produto apresenta a menor impedância, ou seja, sua operação para instalação é a mais simples entre todas as opções. Porém, como no caso anterior, esta solução se torna mais viável em cidades praianas.

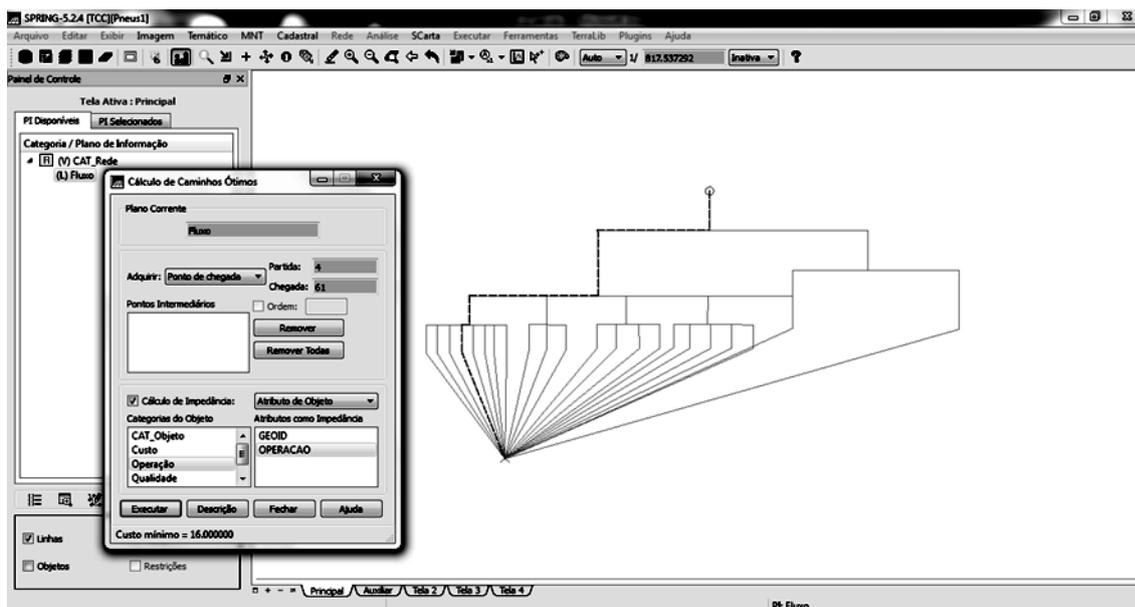


Figura 13 – Resultado para o critério Operação

O *software* indicou como a alternativa mais eficiente no critério de facilidade de acesso em centros urbanos o coprocessamento, realizado com pneus na forma inteira. O resultado se justifica pelo coprocessamento ser utilizado por indústrias, geralmente encontradas em grandes cidades, e o pneu na sua forma inteira possui menor impedância por não precisar passar pela trituração, a qual dificultaria o acesso. Em relação à área rural, obteve-se a utilização de pneus para a proteção de encostas como a melhor alternativa, auxiliando a conter processos erosivos na região. Para a região litorânea, o uso mais eficiente para os pneus inservíveis são os quebra-mares, pela facilidade de acesso que se tem aos mares.

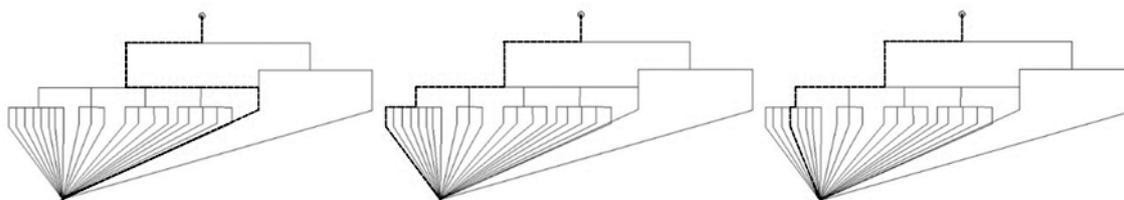


Figura 14 – Resultados para o critério Facilidade de Acesso (centros urbanos, área rural e região litorânea, respectivamente)

#### 4. CONCLUSÕES

Dentre todas as alternativas estudadas para a logística reversa de pneus, conclui-se que o melhor produto vai variar de acordo com o critério a ser analisado. Levando em consideração a qualidade do pneu, a solução ideal seria encaminhar os pneus usados para reaproveitamento em pavimento asfáltico. Se os recursos são baixos e leva-se em consideração o custo, a melhor solução é a utilização na proteção de docas e embarcações. Para o caso da operação, o caminho ótimo é a utilização dos pneus em quebra-mares. Com relação à facilidade de acesso, em centros urbanos a melhor alternativa é o coprocessamento

com pneus na forma inteira, para áreas rurais, a proteção de encostas com pneus inservíveis e, na região litorânea, a construção de quebra-mares.

A aplicabilidade da análise de rede em ambiente de sistema de informações geográficas apresentou boas possibilidades para a análise do caminho ótimo de um fluxo de logística reversa, porém a eficiência e a justificativa de seu uso seriam melhores com uma rede ainda mais complexa.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica à aluna.

## REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO SEGMENTO DE REFORMA DE PNEUS – ABR.** *Cenário da reforma de pneus no Brasil*. Disponível em: <<http://www.abr.org.br/index.html>>. Acesso em: 08 jul. 2013.

**ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS – ANIP.** *Produção da Indústria Brasileira de Pneus em 2012*. Disponível em: <[http://www.anip.com.br/?cont=conteudo&area=32&titulo\\_pagina=Produ%E7%E3o](http://www.anip.com.br/?cont=conteudo&area=32&titulo_pagina=Produ%E7%E3o)>. Acesso em: 01 jul. 2013.

**BERTOLLO, S M.; FERNANDES JÚNIOR, J L.; SCHALCH, V.** *Benefícios da incorporação de borracha de pneus em pavimentos asfálticos*. In: 28º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cáncun, México. 2002.

**BRASIL, CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.** *Resolução nº 258*, de 26 de agosto de 1999. Brasília, DF. 1999.

**BRASIL, CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.** *Resolução nº 301*, de 21 de março de 2002. Brasília, DF. 2002.

**BRASIL, CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.** *Resolução nº 416*, de 30 de setembro de 2009. Brasília, DF. 2009.

**BRASIL, PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos.** *Lei nº 12.305*, de 02 de agosto de 2010. Brasília, DF. 2010.

**CONSCIÊNCIA COM CIÊNCIA.** *Uma visão biológica e sustentável do planeta*. Disponível em: <<http://www.conscienciacomciencia.com.br/>>. Acesso em: 08 jul. 2013.

**G1 RIO DE JANEIRO.** Portal de notícias da Rede Globo. *Borracheiro utiliza pneus para conter encostas em Paraíba do Sul - RJ*. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2013/01/borracheiro-utiliza-pneus-para-conter-encostas-em-paraiba-do-sul-no-rj.html>>. Acesso em: 08 jul. 2013.

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

**LAGARINHOS, C. A. F.** *Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa*. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2011. 293 p.

**LEITE, P. R.** *Logística Reversa: meio ambiente e competitividade*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 240 p.

**LORENA, L. A. N.** *Análise de Redes*. LAC – Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. S/d.

**MENDES, Celso Bráulio Alves; NUNES, Fabio Rinaldi.** *Asfalto borracha – minimizando os impactos ambientais gerados pelo descarte de pneus inservíveis no meio ambiente*. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção-Civil) – Faculdade Brasileira. Vitória, ES. 2009. 73 p.

**MIRANDA, J. I.** *Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 425 p.

**NOHARA, Jouliana Jordan; ACEVEDO, Cláudia Rosa; PIRES, Bely Clemente Camacho; CORSINO, Renato Muniz.** *Resíduos sólidos: passivo ambiental e reciclagem de pneus*. Thesis, ano I, v. 3. São Paulo, SP. 2006. p. 21 – 57.

**PINI WEB NOTÍCIAS.** *Prefeitura de São Paulo adota grama sintética*. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/infra-estrutura/prefeitura-de-sao-paulo-adota-grama-sintetica-260428-1.asp>>. Acesso em: 09 jul. 2013.

**PNEUS SARAPUÍ.** *Conheça nossos produtos*. SarapuÍ, SP. Disponível em: <<http://www.pneussarapui.com.br/produtos.html>>. Acesso em: 09 jul. 2013.

**RECICLANIP.** *O ciclo sustentável do pneu*. São Paulo, SP. 2012. Disponível em: <<http://www.reciclanip.com.br/v3/>>. Acesso em: 04 jul. 2013.

**REI DOS TAPETES AUTOMOTIVOS.** *Tapetes fabricados com a reciclagem de pneus de carro*. São Bernardo do Campo, SP. Disponível em: <[http://www.reistapetesautomotivos.com.br/tapete-de-portamalas-para-carro-de-borracha-personalizados\\_173xJM](http://www.reistapetesautomotivos.com.br/tapete-de-portamalas-para-carro-de-borracha-personalizados_173xJM)>. Acesso em: 09 jul. 2013.

**SILVA, A. B.** *Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1999. 236 p.

**SPECHT, L. P.** *Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2004. 280 p.