



## **A Importância da Logística na Gestão de Resíduos Sólidos em um Pequeno Município Mineiro: Decisões Estratégicas no Processo de Transporte e Roteirização**

**Lívia Maria Pádua Ribeiro** (UNI-BH) [livia.padua@ig.com.br](mailto:livia.padua@ig.com.br)

**Rosa Teresa Moreira Machado** (UFLA) [rosafior@ufla.br](mailto:rosafior@ufla.br)

Revista de Administração da UNIMEP, v. 7, n.2, Maio / Agosto – 2009

Endereço eletrônico deste artigo: <http://www.regen.com.br/ojs/index.php/regen/article/view/69/295>

---

©Copyright, 2009, Revista de Administração da UNIMEP. Todos os direitos, inclusive de tradução, são reservados. É permitido citar parte de artigos sem autorização prévia desde que seja identificada a fonte. A reprodução total de artigos é proibida. Os artigos só devem ser usados para uso pessoal e não comercial. Em caso de dúvidas, consulte a redação.

A Revista de Administração da UNIMEP é a revista on-line do Mestrado Profissional em Administração, totalmente aberta e criada com o objetivo de agilizar a veiculação de trabalhos inéditos. Lançada em setembro de 2003, com perfil acadêmico, é dedicada a professores, pesquisadores e estudantes. Para mais informações consulte o endereço <http://www.raunimep.com.br>.

---

*Revista de Administração da UNIMEP*

ISSN: 1679-5350

©2009 - Universidade Metodista de Piracicaba

Mestrado Profissional em Administração

### **Resumo**

O objetivo deste artigo foi descrever o processo de transporte e roteirização na implementação da coleta seletiva e destinação final dos resíduos sólidos em um município localizado no estado de Minas Gerais. Especificamente, buscou-se apresentar as decisões de transporte tomadas no processo: programação dos veículos; escolha desses veículos e intermodais de transporte; roteirização do transportador e implicações dos seus efeitos no resultado. A

operação de coleta envolve desde a saída do veículo de sua garagem até o retorno deste veículo ao ponto de partida. Para o cumprimento dessa operação existem diversos tipos de veículos. O transporte é uma área-chave dentro do composto logístico, não só porque é o responsável pelo deslocamento ou movimentação física, mas porque representa a maior parte dos custos logísticos. Procurou-se demonstrar a importância desta etapa da logística, o processo de transporte e roteirização na gestão de resíduos sólidos em um município de menor porte, valorizando os aspectos locais. O estudo realizado em um pequeno município mineiro possibilitou o conhecimento das especificidades do processo de transporte e roteirização na gestão dos resíduos sólidos. Além de valorizar os procedimentos de transporte e roteirização nesta área, uma vez que implica em otimização das atividades e redução de custos.

**Palavras-chave:** decisões de transporte, roteirização, gestão de resíduos sólidos.

### **Abstract**

This paper was carried out with the objective describe the process logistics in the implantation selective collection and finish destination of the solid residues in the municipality located in Minas Gerais, Brazil. It was also sought to show up the decision of transport take in the process: plan of the vehicle; choose that vehicle and model of the transport; itinerary of the transportation and theses effects in the result. The operation of collection involves since an issue of vehicle of its garage until the return this vehicle at ready to depart. In the intention of execute that operation exist different type of vehicles. The transport is a key area within of the logistics not just because is the responsible at transposition and physical movement, yet also because represent the greater part of the cost logistics. The methodology was composed of a qualitative research: a descriptive and exploitation study of case. It was used the following technic: theoretical research, bring evidence research, research field, technic interviews and direct observation. This research showed the importance of the logistics in the management of solid residue at one municipality, at one small city; valorizing aspects of locality. However, this research contributed to aggregate knowledge, it was possible the particularity of the logistics in the management of solid residue.

**Key words:** decision of transport, process logistics, management of solid residue.

## 1. Introdução

O procedimento de coleta e destinação final dos resíduos sólidos é um dos maiores desafios a ser enfrentado pela sociedade moderna. Grande parte dos municípios vem realizando essa atividade sem respeitar o meio ambiente e sem utilizar-se das técnicas e dos profissionais adequados. Muitas vezes, a causa desse fato refere-se ao limite orçamentário. As conseqüências da disposição inadequada desses resíduos, além da degradação ambiental, diz respeito à contaminação e ao aparecimento de doenças na sociedade. Tais conseqüências podem demandar mais recursos financeiros do que a própria implantação de um projeto de gestão de resíduos sólidos. Por isso, tem sido cada vez mais evidente a necessidade do tratamento adequado dos resíduos sólidos. A administração pública, juntamente com a sociedade, vem realizando esforços para gerenciar o tratamento dos resíduos sólidos buscando melhorar a qualidade de vida, satisfazer a população e cumprir a legislação ambiental.

A administração pública, diferentemente da administração empresarial, não tem como finalidade o lucro, mas, nem por isso, deve abandonar estratégias para reduzir os custos e aumentar a eficiência dos serviços prestados à população. A essência da administração pública é promover o bem-estar à sociedade. Sendo assim, uma vez que a administração pública trabalha com dotações específicas previstas no orçamento, é imprescindível analisar e optar por decisões que impliquem em um bom desempenho. Além disso, os recursos utilizados na administração pública são provenientes de tributos que são pagos pela própria população, mais um motivo para que se tomem decisões acertadas, de forma a reduzir custos e aumentar a eficiência. Neste sentido, a gestão de resíduos sólidos, seja gerenciada pela administração pública ou por uma empresa contratada, deve ser eficaz, satisfazendo as necessidades da sociedade na perspectiva sócio-ambiental, sem perder de vista a eficiência, evitando desperdícios e o mau uso dos recursos públicos.

O objetivo geral deste artigo é foi descrever o processo de transporte e roteirização na implementação da coleta seletiva e destinação final dos resíduos sólidos em um município localizado no estado de Minas Gerais. De modo específico, busca-se apresentar quais as decisões de transporte tomadas no processo: a programação dos veículos; a escolha desses veículos e intermodais de transporte; a roteirização do transportador e as implicações dos seus efeitos no resultado. A metodologia utilizada é o estudo de caso, uma pesquisa qualitativa. A partir desta metodologia as seguintes técnicas são aplicadas: a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental, a pesquisa de campo, as entrevistas técnicas e a observação participante.

O estudo justifica-se pela tentativa de demonstrar que, mesmo na gestão de resíduos sólidos de um município de menor porte, é indispensável priorizar a logística. O estudo busca valorizar os aspectos locais e a importância dada ao processo de transporte e roteirização na implementação da coleta e destinação final de resíduos sólidos de um município de menor porte.

## 2. Processos do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos

Para descrever a atividade logística do presente estudo, é necessário primeiramente conhecer os processos do gerenciamento dos resíduos sólidos, ou seja, as atividades gerenciais ligadas aos resíduos sólidos urbanos. Segundo Tchobanoglous (citado por CUNHA e CAIXETA FILHO, 2002), tais atividades podem ser agrupadas em seis elementos funcionais, conforme demonstrado na Figura 1.

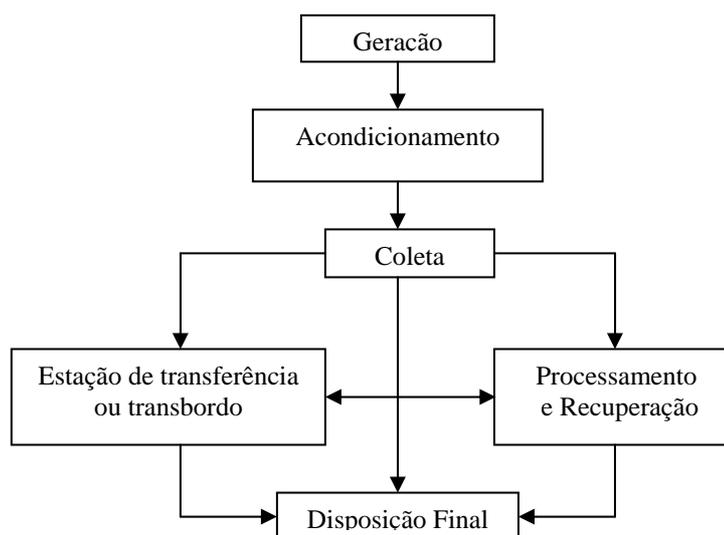


Figura 1 - O processo da coleta de resíduos sólidos e suas inter-relações.  
Fonte: Tchobanoglous (citado por CUNHA e CAIXETA FILHO, 2002, p. 2).

A primeira etapa do processo é a geração dos resíduos sólidos que se refere ao tipo e quantidade de resíduos produzidos pela população. O tipo e quantidade dos resíduos dependem dos seguintes fatores: renda, modo de vida, atividade predominante no município, movimento da população nos finais de semana ou férias e também a entrada de turistas no local, dentre outros. Na implementação do projeto da coleta seletiva e da disposição final dos resíduos, inicialmente, é preciso que o mesmo seja caracterizado para se definir qual a melhor alternativa para o seu tratamento. Por exemplo, no município onde as garrafas de plástico e os restos orgânicos são a maior parte dos resíduos gerados pela população, a disposição final pode ser a reciclagem e a compostagem.

O acondicionamento é a fase inicial da remoção dos resíduos sólidos. Para realizar o acondicionamento, utilizam-se tambores, sacos plásticos, sacos de papel, contêineres e outros. No Brasil, é comum o uso de sacos plásticos na atividade de acondicionamento do resíduo. Deve-se atentar a essa atividade, pois quando o resíduo é mal acondicionado, gera-se poluição ambiental e riscos de doenças. Mas, caso seja bem acondicionado, a população será beneficiada, além de proporcionar maior facilidade no processo de coleta dos resíduos (CUNHA e CAIXETA FILHO, 2002).

Para Cunha e Caixeta Filho (2002), a operação de coleta envolve desde a saída do veículo de sua garagem, incluindo todo o percurso da viagem para remoção dos resíduos dos locais de acondicionamento aos locais de descarga, até o retorno deste veículo ao ponto de partida. Para o cumprimento dessa operação existem diversos tipos de veículos. Os veículos podem ser motorizados e não-motorizados; este último diz respeito à utilização de tração animal como força motriz. Conforme Roth (citado por CUNHA e CAIXETA FILHO, 2002), os veículos motorizados podem ser classificados em compactadores e comuns. Os compactadores são os que conseguem reduzir os resíduos em um terço do seu volume inicial. Já os veículos considerados comuns correspondem aos tratores, coletor de caçamba aberta e coletor com carrocerias tipo prefeitura ou baú. Existem também os veículos denominados multicaçambas que são caminhões com separação para os resíduos dentro da sua própria carroceria.

As estações de transferência ou transbordo, de acordo com o Instituto Nacional de Ensino e Tecnologia - INETEC (2004), são instalações intermediárias entre o serviço de coleta e o ponto de destinação final, no interior das quais os resíduos são transferidos de um veículo a outro meio de transporte, que podem ser caminhões de maior capacidade, barcaças ou vagão ferroviário. As estações podem ser da seguinte forma:

- Quanto ao meio de transporte adotado: por via rodoviária, ferroviária ou hídrica;
- Quanto à armazenagem: existência ou não de fosso de acumulação de resíduos;
- Quanto ao tratamento prévio do resíduo sólido: com ou sem sistema de redução de volume;
- Quanto ao sistema de redução do volume adotado: por compactação dos resíduos ou por trituração.

No processamento e recuperação dos resíduos são citados os métodos de incineração, reciclagem e compostagem. Na conceituação de Lima (1995), incineração é um processo de redução do peso, volume e das características de periculosidade dos resíduos, com a conseqüente eliminação da matéria orgânica e característica de patogenicidade, através da

combustão controlada. Através do processo de incineração, pode-se aproveitar a energia liberada na queima dos materiais, implicando em produção de energia elétrica e de vapor. Porém, esse processo demanda instalações sofisticadas e uma inspeção rigorosa, devido aos gases liberados serem perigosos ao meio ambiente. A reciclagem é a transformação do resíduo em um novo produto. Segundo Silva (2000), os materiais considerados recicláveis são: papel, papelão, plástico, vidro, metal, dentre outros. Ainda citando Silva (2000), a compostagem é definida como um processo de transformação de resíduos orgânicos em adubo humificado, o denominado “composto” aplicado na agricultura.

A última etapa do processo de gerenciamento dos resíduos sólidos consiste na disposição final, que pode se dar por meio do aterro sanitário, aterro controlado e o popular “lixão”. O aterro sanitário, conforme Borges (2000), é um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas que permitem uma confinamento segura, em termos de controle de poluição ambiental e proteção da saúde pública. Já o aterro controlado, de acordo com Landa *et al.* (2001), não é a solução ideal para o problema de destinação de resíduos, mas pode, em curto prazo e com investimento relativamente baixo, reduzir a agressão ambiental e a degradação social que os lixões geram. Neste último caso, o resíduo sólido é recoberto periodicamente, reduzindo a proliferação de insetos e a ocorrência de incêndios. O “lixão” representa o despreparo e a falta de visão da administração pública. Neste caso, os resíduos sólidos são lançados a céu aberto numa determinada área, sem qualquer controle, gerando problemas sociais, ambientais e epidemiológicos (SILVA, 2000).

### 3. Logística de Resultados

A confirmação de que a logística é uma ferramenta de resultados está presente na história do homem, ou seja, as guerras têm sido ganhas e perdidas através do poder e da capacidade de logística ou até mesmo por falta desta. Christopher (2001) explica que a logística teve papel preponderante na Segunda Guerra Mundial. No início de 1991, a logística foi destaque na Guerra do Golfo, uma vez que os Estados Unidos e seus aliados tiveram que deslocar grandes quantidades de materiais a grandes distâncias em tempos curtos.

De acordo com Christopher (2001, p. 58-59), “a natureza da logística assemelha-se a uma pedra lançada numa represa e os efeitos das políticas se espalham para além da sua área imediata de impacto”. O bom desempenho da logística implica em uma maior eficiência da gestão e qualquer modificação na atividade logística afeta o resultado do gerenciamento.

Para melhor compreensão dos efeitos da logística é necessário, primeiramente, entender o seu conceito. No contexto militar, conforme *Webster's New Encyclopedic Dictionary* (citado por BALLOU, 2001, p. 21), a logística é definida como “o ramo da ciência militar que lida com a obtenção, a manutenção e o transporte de materiais, pessoal e instalações”. No contexto empresarial, o conceito mais divulgado é do *Council of Logistics Management* (citado por BALLOU, 2001, p. 21):

*Logística é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.*

De fato, percebe-se que a importância da logística transcende as guerras e os negócios privados. Para Ballou (2001), a consciência ambiental está aumentando devido ao crescimento da população e do resultado do desenvolvimento econômico. Nesta perspectiva, a logística passa a ser fundamental no processo de coleta, tratamento e transporte dos resíduos reciclados e dos procedimentos para sua revenda.

A inserção da logística em questões de ordem ambiental nas grandes cidades é um tema já discutido na literatura:

*Os Estados Unidos produz mais de 160 milhões de toneladas de resíduos por ano, o suficiente para um comboio de caminhões de lixo de 10 toneladas percorrer meio caminho até a lua (BALLOU, 2001, p.31).*

*A operação logística de captação na cidade de São Paulo exigiu em 1996 uma média de 1850 viagens diárias com 600 caminhões compactadores de 10 toneladas, obrigando a um transbordo em carretas de grande porte em três locais estrategicamente localizados, para encaminhamento à disposição final nos aterros sanitários, incineração e compostagem (LEITE, 1998, p. 3).*

Portanto, no contexto da administração pública, a logística na coleta seletiva e na destinação final dos resíduos tem o mesmo sentido do conceito original de logística, à medida que envolve as operações de transporte, de acondicionamento, de planejamento e controle de rotas, dentre outros processos. Além disso, sua finalidade continua sendo a de minimizar tempo, reduzir custos e satisfazer seus usuários.

### **3.1. Decisões Estratégicas na Área de Transporte**

Segundo Ballou (2001), o transporte é uma área-chave dentro do composto logístico, não só porque é o responsável pelo deslocamento ou movimentação física, mas porque

representa a maior parte dos custos logísticos. Os transportes podem ser subdivididos em várias formas: aéreo, rodoviário, marítimo e ferroviário, além dos intermodais.

As decisões de transporte envolvem a seleção de veículo específico e do intermodal de transporte, a quantidade e peso do resíduo a ser transportado de acordo com a capacidade de cada veículo, a roteirização do transportador e a programação do veículo.

### 3.1.1. A escolha do veículo adequado e do intermodal de transporte

Para Ballou (2001), a seleção de um modal de transporte depende de uma variedade de características do serviço, variando da velocidade à assistência na solução de problemas. Fatores como custo, tempo médio em trânsito (velocidade) e a variabilidade do tempo em trânsito (confiabilidade) podem interferir na escolha do veículo adequado e do intermodal de transporte.

A escolha do veículo adequado está vinculada a atividade a ser desempenhada. Para cada tipo de coleta de resíduo existe um veículo específico. A determinação do número, do tipo e da capacidade dos veículos a serem utilizados pode ser obtida mediante o conhecimento da quantidade de resíduos gerados por quilômetros de coleta.

De acordo com Monteiro *et al.* (2001), para a coleta e transporte de resíduo domiciliar há dois tipos de veículos:

- Veículo com compactação: no Brasil são utilizados equipamentos compactadores de carregamento traseiro ou lateral;
- Veículo sem compactação: conhecidos como baú ou prefeitura, com fechamento na carroceria por meio de portas corrediças.

Um bom veículo de coleta de resíduo domiciliar deve possuir as seguintes características:

- Não permitir derramamento do resíduo ou do chorume na via pública.
- Apresentar taxa de compactação de pelo menos três por um, ou seja, cada 3 m<sup>3</sup> de resíduos ficarão reduzidos, por compactação, a 1 m<sup>3</sup>.
- Apresentar altura de carregamento na linha de cintura dos garins, ou seja, no máximo a 1,20 m de altura em relação ao solo.
- Possibilitar esvaziamento simultâneo de pelo menos dois recipientes por vez.

- Possuir carregamento traseiro, de preferência. A coleta de resíduo sólido é uma operação perigosa para os garis. Quando o veículo pára, a guarnição fica sujeita as eventuais batidas de outras viaturas contra a traseira do compactador. Muito cuidado deve ser adotado com os mecanismos de compactação e com o transporte dos garis no caminhão.
- Dispor de local adequado para o transporte dos trabalhadores.
- Apresentar descarga rápida do resíduo no destino (no máximo em três minutos).
- Possuir compartimento de carregamento (vestíbulo) com capacidade para no mínimo 1,5 m<sup>3</sup>.
- Possuir capacidade adequada de manobra e de vencer aclives.
- Possibilitar basculamento de contêineres de diversos tipos.
- Distribuir adequadamente a carga no chassi do caminhão.
- Apresentar capacidade adequada para o menor número de viagens ao destino, nas condições de cada área (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Ainda segundo Monteiro *et al.* (2001), os veículos e intermodais de transporte que podem ser utilizados na coleta do resíduo urbano são os seguintes: “lutocar” (carrinho transportador manual de resíduo, bastante utilizado na varrição das ruas); poliguindaste (para operação com caçambas, serve para o acondicionamento de entulhos) e pá carregadeira (muito utilizado nos aterros sanitários). Outros tipos de intermodais de transporte utilizado por catadores de resíduos urbanos são o carrinho de madeira e a carroça, esta última comum em cidades menores.

### 3.1.2. Roteirização do Transportador e a Programação do veículo

A roteirização consiste em reduzir o custo dos transportes e melhorar o serviço prestado, encontrando os melhores trajetos que um veículo deve fazer. O método mais simples e mais direto é o denominado método da rota mais curta, que pode ser baseado utilizando-se de software. Por meio de soluções computadorizadas, a rede de ligações e de “nós” pode ser mantida em um banco de dados e, ao selecionar pares particulares da origem e do destino, as rotas curtas podem ser desenvolvidas (BALLOU, 2001).

Conforme Dias (1993), quando se deseja ir de um lugar para outro surge o problema de determinação de rotas. Dessa forma, para selecionar o percurso mais eficiente e de menor custo, utiliza-se do modelo denominado rotas mínimas em redes, e da programação dinâmica ou da programação por estágio.

O problema de programação do veículo, segundo Ballou (1993), inclui a determinação do número de veículos envolvidos, suas capacidades, as seqüências e os pontos de parada para coleta em cada roteiro de um dado veículo.

Um roteiro pode ser traçado buscando-se, através de tentativas, a melhor solução que atenda simultaneamente condicionantes tais como o sentido do tráfego das ruas, evitando manobras à esquerda em vias de mão dupla, assim como percursos duplicados e improdutivos. Costuma-se traçar os itinerários levando-se em conta o sentido do tráfego, as declividades acentuadas e a possibilidade de acesso e manobra dos veículos.

O método de redimensionamento de roteiros de coleta consiste em:

- Dividir a cidade em subáreas;
- Levantar e sistematizar as características de cada roteiro;
- Analisar as informações levantadas;
- Redimensionar os roteiros, tendo como premissas: a exclusão (ou minimização) de horas extras de trabalho, o estabelecimento de novos pesos de coleta por jornada e as concentrações dos resíduos em cada área (MONTEIRO et al., 2001).

A partir desta concepção, adquirir um sistema de roteirização pode permitir ganhos significativos, tanto do ponto de vista financeiro, com a redução dos custos operacionais, quanto em termos da qualidade do serviço prestado. Neste sentido, existem muitos softwares que facilitam a atividade de roteirização. Ferreira Filho e Silva (2001) cita o denominado “TransCAD”. Este sistema é utilizado para armazenar, mostrar, gerenciar e analisar dados de transporte, combinando uma tecnologia de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e um sistema de modelagem de capacidades de transporte em uma plataforma integrada. Trabalhando com todos os modais de transporte, este sistema, quando aplicado a modelos de roteamento e logística, pode ser utilizado por diferentes setores (públicos ou privados) como, por exemplo, na coleta de resíduos e recicláveis. Nesta perspectiva ressalta-se que a roteirização do transportador e a programação do veículo também contribui para o cumprimento da frequência, horário e regularidade da coleta do resíduo urbano.

#### **4. Metodologia**

A metodologia utilizada é a pesquisa qualitativa: um estudo de caso exploratório e descritivo. Martins e Lintz (2000, p.36) afirmam: “o estudo de caso possibilita a penetração na

realidade social, não conseguida plenamente pela análise e pela avaliação quantitativa”. Uma das características da pesquisa qualitativa, mencionada por Samara & Barros (1997), é a informalidade, a flexibilidade e a criatividade. A pesquisa qualitativa possibilita interpretações das particularidades, análise das atividades e dos comportamentos tanto dos indivíduos quanto das organizações.

Para a captação das informações mais relevantes, com base em Vergara (1997), aplica-se um conjunto de técnicas distintas na tentativa de atingir os objetivos propostos. Neste trabalho, foram utilizadas as seguintes técnicas: a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental, a pesquisa de campo, as entrevistas técnicas e a observação participante.

A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio de livros, artigos, revistas especializadas, manuais e *sites* com dados pertinentes ao assunto em questão, ou seja, sobre a logística na gestão de resíduos sólidos urbanos.

A pesquisa documental foi efetuada nos arquivos e documentos, referente à área de limpeza urbana e tratamento dos resíduos sólidos, conservados pela prefeitura do município em estudo. Foram analisados o contrato do projeto em questão, os regulamentos internos circulares, os relatórios, memorandos e formulários que dizem respeito à coleta e tratamento dos resíduos sólidos do município.

A pesquisa em campo ocorreu em uma investigação empírica realizada durante o mês de julho de 2004 na fase inicial da implementação do projeto da coleta seletiva e disposição final dos resíduos sólidos no município em estudo. O foco foi observar a atividade logística deste projeto e verificar as decisões tomadas neste processo. Acompanharam-se os veículos de coleta dos resíduos, a medição do tempo, a identificação do custo com o combustível em cada rota e a caracterização dos resíduos de cada itinerário.

As entrevistas técnicas foram realizadas com os funcionários operacionais e os responsáveis pela limpeza urbana e tratamento dos resíduos sólidos. As entrevistas pessoais foram orientadas por questionário semi-estruturado. A observação participante foi um outro instrumento importante de coleta de dados nesta pesquisa. Como o processo de coleta de dados ocorreu no próprio ambiente natural de vida dos observados, assume-se, com base em Serva & Jaime (1995), que os mesmos não devem ser vistos como objetos de pesquisa, mas, sim, como sujeitos, atores do próprio projeto de estudo.

## 5. Resultados da Pesquisa

Procurando descrever o processo da logística no projeto de implementação da coleta seletiva e destinação final dos resíduos sólidos de um município mineiro, primeiramente, a equipe do projeto elaborou um diagnóstico da situação e, posteriormente, fez um planejamento para orientar a tomada de decisão. Verificou-se que as decisões referentes ao transporte estão relacionadas com a cultura da população, com a alternativa escolhida para a destinação final dos resíduos e a forma de coleta seletiva que a população dispôs a realizar.

O município possui cerca de 20.000 (vinte mil) habitantes. A atividade principal da cidade é a tecelagem em teares manuais e os tradicionais doces caseiros; na agricultura destaca-se o plantio de café. Outra atividade relevante é a pecuária leiteira. Além disso, o turismo encontra-se em fase de expansão em virtude da sua atraente paisagem, em meio a um conjunto de montanhas, serras, rios e córregos. Uma observação curiosa na cidade é o hábito que a população possui de varrer a sua própria rua. Esse costume facilita o trabalho do gari. A cidade possui quinze catadores que pretendia formar uma associação. As condições logísticas iniciais dos catadores eram precárias; havia catador que realizava a sua coleta com lençol. Priorizando a logística e a formação de uma associação, tais condições tendem a melhorar. A seguir apresenta-se um fluxograma do ciclo do resíduo sólido:

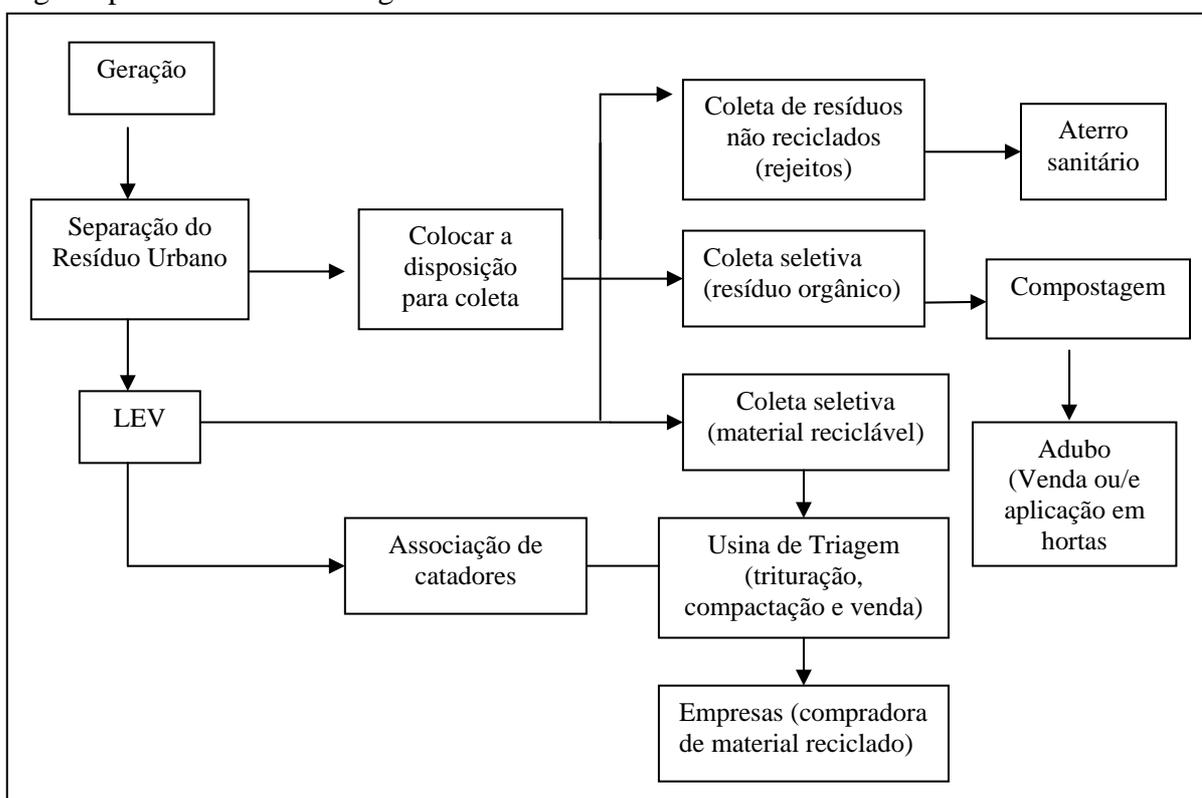


Figura 2 – Fluxograma do ciclo do resíduo sólido.

Fonte: Elaborado pelos autores deste trabalho de acordo com os dados obtidos.

Todas as etapas do planejamento do ciclo do resíduo sólido foram realizadas por meio da participação da comunidade e de estudos técnicos. De acordo com a figura acima, decidiu-se separar o resíduo sólido urbano em três tipos: rejeitos, orgânicos e recicláveis. Essa decisão foi tomada depois de se conjugar uma pesquisa com os líderes comunitários aos estudos técnicos, considerando as especificidades locais e culturais e a promoção de um Fórum que envolveu a comunidade, incentivando a gestão participativa. Optou-se pela coleta alternada dos resíduos orgânicos e rejeitos, três vezes por semana, sendo os materiais recicláveis coletados duas vezes por semana. Além dessa opção de coleta porta a porta, escolheu-se também um local de entrega voluntária – LEV. Neste caso, a própria comunidade separa o material reciclável (papel, vidro, plástico e alumínio) e leva aos locais de entrega voluntária.

O acondicionamento dos resíduos será realizado por sacolas plásticas recebidas pelo consumidor no ato de compra em supermercados, mercearias e demais lojistas da cidade. A prefeitura, em parceria com o comércio local, negociou a distribuição de três cores diferentes de “sacolinha plástica”: sacola plástica marrom para resíduo orgânico, cinza para o rejeito e sacola plástica verde para o reciclado. Cabe à prefeitura complementar a distribuição de sacolinhas, em especial para as pessoas carentes que não conseguem juntar um número suficiente de sacolinhas para acondicionar o seu lixo. O projeto implantado, pode evoluir para uma separação mais adequada como, por exemplo, a separação de todo material reciclado em vidro, plástico, papel e alumínio em sacolas específicas. Mas, considerando que este processo é gradativo, a solução apontada neste momento é o fluxograma apresentado.

Planeja-se utilizar três veículos já existentes, tipo baú ou prefeitura para a coleta dos resíduos no perímetro urbano do município. A coleta de resíduos deve ser removida de acordo com os dias e horas marcadas para os resíduos reciclados (tipo papel, vidro, plástico e alumínio), os resíduos orgânicos e os rejeitos. Os três veículos serão programados para coletar os resíduos no tempo menor e com maior eficiência. O veículo que transportar os rejeitos seguirá em direção ao aterro sanitário. O veículo que transportar os resíduos orgânicos seguirá em direção à compostagem e, posteriormente, serão transformados em adubo, podendo ser vendidos aos agricultores ou utilizados em hortas comunitárias. O veículo que transportar os resíduos reciclados terá como destino a usina de triagem. Neste local, os resíduos serão triturados, compactados e preparados para venda. Além disso, o veículo destinado à coleta dos resíduos recicláveis realizará a remoção porta a porta e dos LEV's.

Por existir estabelecimentos e domicílios em que os resíduos reciclados são gerados com frequência e maior quantidade, formou-se uma associação de catadores que farão parte

do processo. Os catadores realizarão seus trabalhos na usina de triagem e também, em alguns momentos, externamente, contribuindo na coleta nos dias em que não está programado recolher o resíduo reciclado. Além de buscar na porta, nos casos excepcionais, os catadores poderão remover os resíduos dos LEV. O intermodal escolhido pelos catadores para isso é a carroça, já que essa coleta será realizada pelos catadores somente em casos especiais e em distâncias menores.

Para a venda dos resíduos reciclados, existem duas empresas compradoras localizadas no município vizinho, que buscarão os reciclados dentro da usina de triagem. Assim, não é necessário disponibilizar veículo da prefeitura para entrega da venda do reciclado. As empresas já realizam este procedimento em outros locais. Este projeto, no momento desta pesquisa, está em fase de implementação.

A roteirização e a programação foram previstas no planejamento do projeto. A primeira ocorreu através da análise do mapa de trânsito da cidade. Observando as ruas de mão dupla e as que são contramão, foi feito o teste por meio do método mais simples e mais direto, o denominado método da rota mais curta.

No primeiro momento, mediu-se a eficiência da rota urbana a cada dia da semana. Verificou-se que cada rota urbana corresponde a um conjunto de bairros, com seqüências diferentes. Neste processo, foi preciso realizar a pesagem, marcar os quilômetros percorridos e litros de combustíveis gastos desde o ponto de partida até o retorno.

O Gráfico 1, elaborado pela equipe de engenharia do projeto de implementação de coleta seletiva e disposição final dos resíduos sólidos do município em estudo, demonstra a eficiência das rotas urbanas. O eixo vertical do gráfico indica a quantidade de resíduo coletado a cada quilômetro percorrido e litro de combustível gasto. Observa-se que a rota urbana que apresentou maior eficiência, ou seja, coletou maior quantidade de resíduos percorrendo menos quilômetros e menos gasto de combustível é a rota urbana número quatro. Em alguns momentos, a rota número dois consegue superar a eficiência da rota número quatro, mas em geral a rota considerada mais eficiente é a rota urbana número quatro. Deve-se ressaltar que eficiência é diferente de eficácia. A eficiência diz respeito aos meios, ou seja, “*the best way*” e a utilização de melhores recursos para atingir um objetivo. Já a eficácia, diz respeito ao fim, aos resultados atingidos.

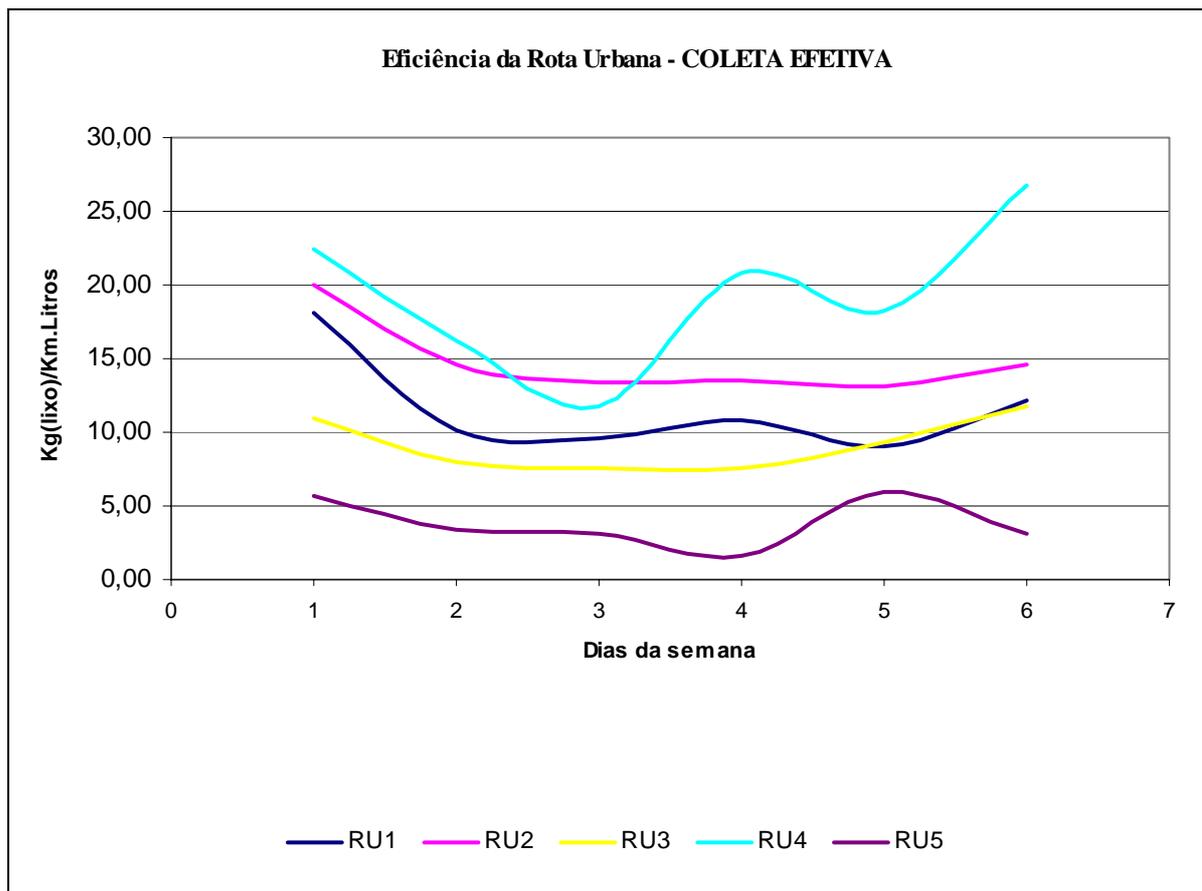


Gráfico 1 – Eficiência da Rota Urbana – Coleta Efetiva

Fonte: Elaborado pela equipe de engenharia do projeto de implementação de coleta seletiva e disposição final dos resíduos sólidos do município em estudo.

Outro fator importante no processo logístico é o tempo. A meta é minimizar tempo e maximizar eficiência. Nesta perspectiva, a equipe do projeto, relacionou a rota urbana e o tempo dependido no processo de coleta com a quantidade de resíduo coletado. O Gráfico 2 também elaborado pela equipe do projeto em discussão demonstra quantos quilos são coletados em uma hora, em cada rota urbana. A rota urbana número um e a número quatro apresentaram maior quantidade de resíduo coletado em uma hora.

Estes gráficos indicam que a logística, mesmo em um município de pequeno porte, é priorizada pela equipe do projeto com intuito de reduzir custos e tempo e aumentar a eficiência e eficácia do processo. O Gráfico 2 pode gerar interpretações errôneas e, portanto, merece uma discussão. A quantidade de resíduo sólido coletado em uma hora em determinada rota urbana, não quer dizer que a rota que mais coletou resíduo em quilos seja a mais satisfatória. A rota com maior quantidade de resíduo coletado em uma hora pode ser porque, no momento da medição, possuía residências que mais geraram resíduos, ou que geraram resíduos mais pesados. Estes dados, apresentados no Gráfico 2 podem ser mais explorados, uma vez que pode se subdividir o resíduo urbano em três categorias: orgânico, recicláveis e

rejeitos. Sendo assim, após uma caracterização do resíduo de cada rota, pode se verificar o que pode ser reaproveitado e reciclado; e também o que pode ser reduzido. Por outro lado, caberia perguntar: será que as famílias residentes no percurso avaliado em uma hora, não estão consumindo exageradamente e favorecendo o desperdício?

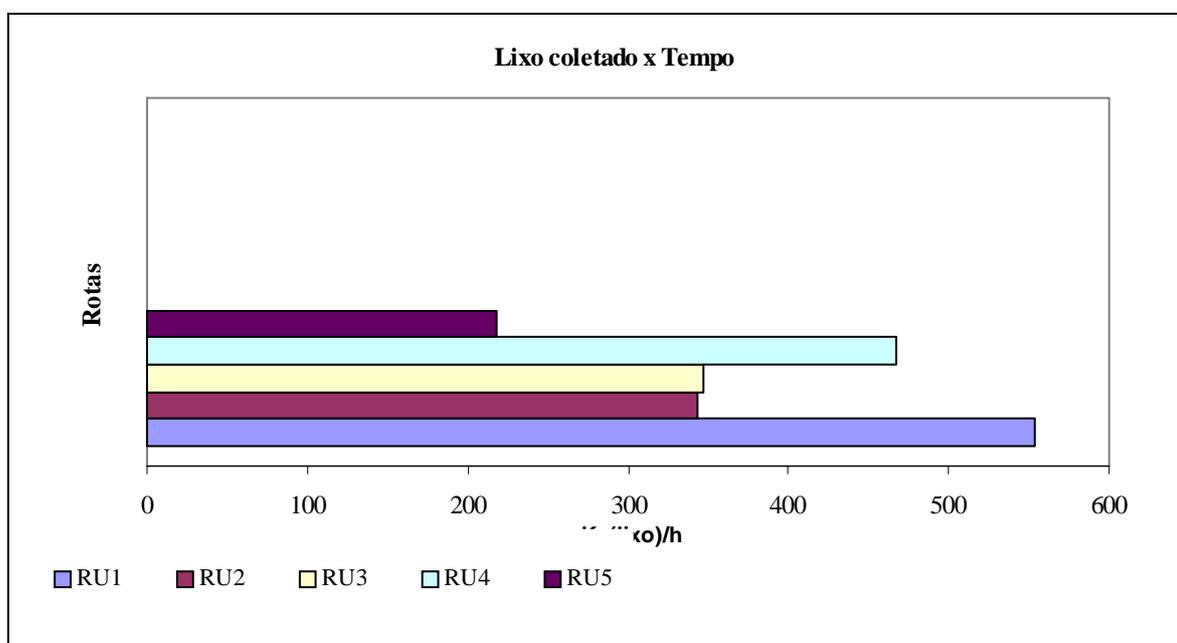


Gráfico 2 – Lixo Coletado versus Tempo

Fonte: Elaborado pela equipe de engenharia do projeto de implementação de coleta seletiva e disposição final dos resíduos sólidos do município em estudo.

Para medir a eficácia das rotas urbanas, os quilômetros rodados e o combustível gasto é considerado a partir do ponto em que se inicia a coleta do resíduo e não do ponto de partida, a garagem. Do total de quilômetros rodados e combustível gasto desde a saída do veículo da garagem até o seu retorno, na rota urbana número um, por exemplo, apenas 77% (setenta e sete por cento) referem-se exclusivamente a atividade de coleta do resíduo (gráfico 3). Os outros 23% (vinte e três por cento) dizem respeito aos quilômetros rodados e ao combustível gasto no percurso do meio urbano à garagem, ou seja, no trajeto em que não se realiza a atividade propriamente dita da coleta ou remoção dos resíduos sólidos. Por meio da avaliação da eficácia, pode-se concluir qual a rota urbana é mais vantajosa em termos de aproveitamento em quilômetros, combustível e também quantidade de resíduo coletado.

A programação do veículo apresenta o dia e o horário marcado para a remoção do resíduo sólido porta a porta para cada bairro. Cumprindo-se a programação simultaneamente com a população, que também coloca o resíduo à disposição poucas horas do momento da remoção, é possível um bom desempenho da gestão. O resíduo sólido não pode ser colocado em horário distante do horário da coleta, pois animais e insetos podem ter contato com o

mesmo, favorecendo o contágio de doenças e espalhando tais resíduos pelas ruas. No município em estudo, tanto a programação do transportador quanto à da população são cumpridas e respeitadas. Sendo assim, neste aspecto, a gestão de resíduos sólidos é satisfatória.

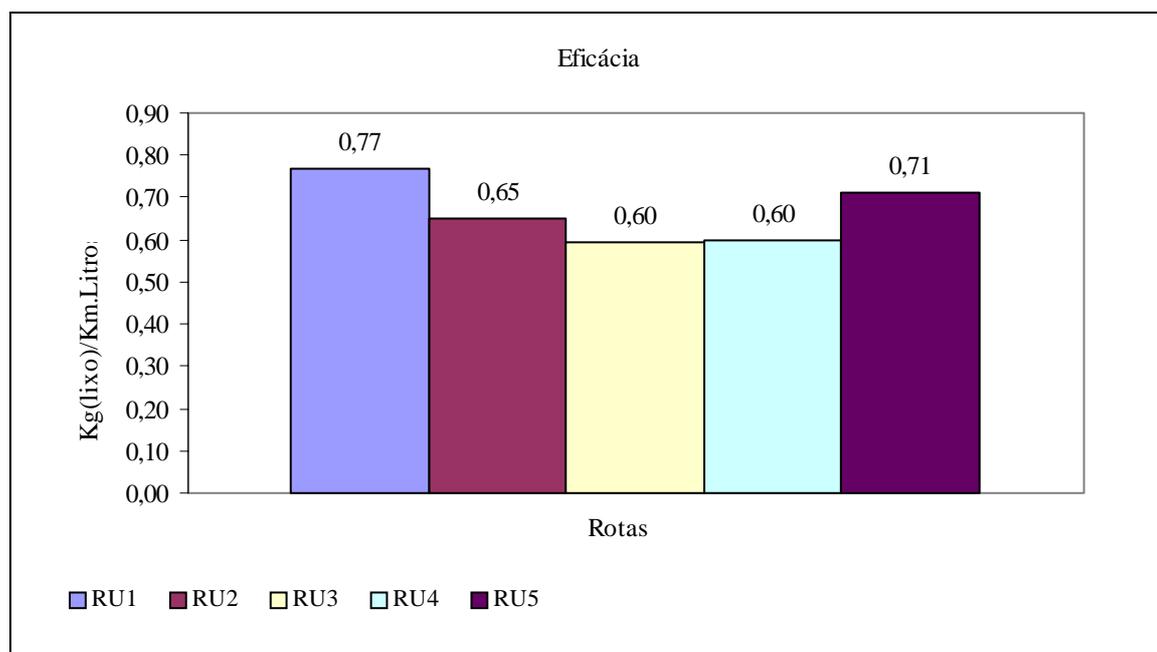


Gráfico 3 – Eficácia das Rotas Urbanas

Fonte: Elaborado pela equipe de engenharia do projeto de implementação de coleta seletiva e disposição final dos resíduos sólidos do município em estudo.

Na tentativa de escolher a rota urbana que resulte em maiores benefícios no transporte da atividade de coleta e destinação final do resíduo, realizou-se uma avaliação do tempo versus quantidade de resíduo coletado, da eficiência e da eficácia das rotas urbanas. De acordo com os resultados, não se pode dizer que existe uma rota urbana que seja a melhor em todas as opções citadas acima. Dessa forma, identifica-se a rota urbana com melhor performance. A rota número um teve o melhor desempenho em termos de tempo e eficácia e em termos de eficiência esta alcançou o a terceira posição. Esses resultados demonstram que no projeto de implantação de coleta seletiva e destinação final dos resíduos sólidos, a logística está sendo observada e as decisões referentes a transporte estão sendo tomadas com maior precisão mesmo em um município de menor porte.

A limitação desta pesquisa reporta-se ao fato deste projeto estar em fase inicial o que dificultou obter resultados maiores do processo de logística. No decorrer do projeto, muitas ações podem tomar outro rumo. A limitação de recursos financeiros do município restringiu as ferramentas no processo logístico, utilizando-se desta forma meios mais simples ao invés

de sofisticação. No caso deste estudo, utilizar o caminhão multicaçamba, com separação para os resíduos dentro da sua própria carroceria, é o mais recomendado mas, por causa da limitação de recursos financeiros, utiliza-se caminhão tipo baú.

## 6. Considerações Finais

O artigo procurou descrever o processo logístico na gestão de resíduos sólidos de um município mineiro. Por meio desta pesquisa foram apresentadas as decisões de transporte tomadas no projeto de implementação da coleta seletiva e destinação final dos resíduos sólidos de um município de pequeno porte. O desafio deste artigo foi unir a teoria à prática, a denominada *práxis*, uma vez que a maior parte da literatura trata da logística empresarial em aspectos sofisticados e de grande porte. Foi possível observar que, mesmo na gestão de resíduos sólidos de um município de menor porte, é indispensável priorizar a logística.

Interagindo com os membros da equipe do projeto e observando a lógica de orientação dos mesmos na realização da pesquisa de campo, foi possível descrever o ciclo dos resíduos sólidos, ou seja, o percurso destes desde a geração até a destinação final. Os resultados referentes à decisão de transporte demonstraram que o município está evoluindo no processo logístico de gestão de resíduos sólidos. A escolha do veículo e intermodal é questionada, pois na teoria, existe uma relação de veículos apropriados para a ocasião, mas na prática, não se tem recurso para obter tais veículos. O intermodal é escolhido de acordo com as características do município. A roteirização do veículo foi a mais abordada no projeto de gestão de resíduos sólidos. Verifica-se que há a preocupação de se escolher uma rota mais curta, mais direta e mais simples para alcançar um bom desempenho. A programação de veículo é também uma decisão tomada na gestão de resíduos sólidos do município estudado.

Por fim, a realização deste estudo foi enriquecedora. No decurso desta pesquisa, foi possível conhecer as especificidades da logística na gestão de resíduos sólidos. A limitação desta pesquisa atribuiu-se ao fato deste projeto estar em fase inicial, o que dificultou obter resultados maiores do processo de logística. Conclui-se que é necessário pensar globalmente e agir localmente. As atividades logísticas devem ser adaptadas às características do local e das suas peculiaridades.

## 7. Referências Bibliográficas

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística*. Trad. Elias Pereira. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

\_\_\_\_\_. *Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. Tradução Hugo Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 1993.

BORGES, M. E. *Gerenciamento de Limpeza Urbana*. Viçosa, Centro de Produções Técnicas, 2000.

\_\_\_\_\_; LIMA, J.M.S. *Aterro Sanitário: Planejamento e Operação*. Viçosa, Centro de Produções Técnicas, 1999.

CHRISTOPHER, M. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços*. Traduzido por Francisco Roque Monteiro Leite. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J. V. *Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas*. *Gest. Prod.* [online]. Ago. 2002, vol.9, nº.2 [citado 17 Outubro 2004], p.143-161. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 23 out. 2004.

DIAS, M. A.P. *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 1993.

FERRERA FILHO, V. J. M; SILVA, A. C. M.; *Sistema de Roteirização e Programação de Veículos*. Pesquisa Operacional. [online]. jul/dez. 2001. nº 2. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 24 out. 2004.

INETEC. Instituto Nacional de Ensino e Tecnologia. Disponível em: <<http://www.inetec.org.br>>. Acesso em: 27 nov. 2004.

LANDA, G.G. *et al. Curso de Capacitação de Professores em Recursos Hídricos e Recursos Sólidos Água e Lixo: Desafios para a cidadania*. Belo Horizonte, 1ª ed., 2001

LEITE, P. R. *Canais de Distribuição Reversos*. Revista Tecnológica. Nov., São Paulo: Editora Publicare, 1998. Disponível em: <<http://meusite.mackenzie.com.br>> . Acesso em: 24 out. 2004.

LIMA, L. M. Q; *Lixo Tratamento e Biorremediação*. 3ª Edição Revista e Ampliada, Editora Hemus, 1995.

MARTINS, G. A; LINTZ, A. *Guia para elaboração de monografias e trabalhos de conclusão de curso*. São Paulo: Atlas, 2000.

MONTEIRO, J. H. P. *et al. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Coordenação técnica Vivtor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

ROTH, B. W. ; ISAIA, E. M. B.I. ; ISAIA, T. *Destinação final dos resíduos sólidos urbanos. Ciência e Ambiente*. nº .18, p. 25-40, jan/jun. 1999 apud CUNHA, Valeriana e CAIXETA FILHO, José Vicente. *Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. Gest. Prod.* [online]. ago. 2002, vol.9, no.2 [citado 17 Outubro 2004], p.143-161. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 23 out. 2004.

SAMARA, B. S.; BARROS, J. C. *Pesquisa de marketing: conceitos e metodologia*. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1997.

SERVA, M. *Observação participante e pesquisa em Administração: uma postura antropológica*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 64 –79, 1995.

SILVA, M. E. C. *Compostagem de Lixo em Pequenas Unidades de Tratamento*. Viçosa, Centro de Produções Técnicas, 2000.

TCHOBANOGLIOUS, G. *Solid wastes: engineering principles and management*. Issues. Tokyo: McGraw-Hill, 1997 apud CUNHA, Valeriana e CAIXETA FILHO, José Vicente. *Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. Gest. Prod.* [online]. ago. 2002, vol.9, no.2 [citado 17 Outubro 2004], p.143-161. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 23 out. 2004.

VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas, 1997.

Artigo recebido em: 28/02/2009

Artigo aprovado em: 22/08/2009