

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia – Dep. Eng. Sanitária e Ambiental
Especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental
Área de Concentração em Tecnologia Ambiental

Monografia

ESTUDO LOCACIONAL DE UMA NOVA ÁREA DE
COMPOSTAGEM NO *CAMPUS* PAMPULHA/UFMG.

Claudia de Almeida Sampaio

Orientador: Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

Belo Horizonte

2009

“A sabedoria [conhecimento] não nos é dada; é preciso descobri-la por nós mesmos, depois de uma viagem que ninguém nos pode poupar ou fazer por nós.”

(MARCEL PROUST)

“Quanto mais à realidade da complexidade se impõe a todos os campos do conhecimento, mais se faz necessária a construção de indicadores que consigam expressar a diversidade dos mundos que se busca entender.”

(BRAGA ET AL, 1997)

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Raphael Barros, por tudo – por aceitar o projeto de pesquisa e pela orientação, apoiando-me, trocando idéias com paciência e estimulando meu crescimento acadêmico.

A sra. Eliane Ferreira e sr. Geraldo Mota pelo inestimável apoio ao trabalho, pela contínua disposição em ajudar e pela disponibilização dos recursos financeiros.

A todos os profissionais da Divisão de Áreas Verdes, principalmente, Luisinho e Jucélio, assim como todos do grupo da compostagem, que me receberam com paciência e atenção, contribuindo enormemente para agregar valor e informações a este trabalho, assim como, pelo apoio, atenção, dicas e convívio.

A Cida, Daniel, Ana Paula e Rita pela compreensão nas horas difíceis, bem como o carinho com que me receberam no galpão de resíduos sólidos (GERESOL).

Aos estagiários Fabiano e Diego, pela dedicação às leiras experimentais, e ao interesse e desempenho muito valiosos para a realização deste trabalho.

RESUMO

SAMPAIO, Claudia de Almeida. **Estudo locacional de uma nova área de compostagem no Campus Pampulha/UFMG**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009, 102 p. [Monografia do Curso de Especialização, área de concentração Tecnologia Ambiental] Departamento Engenharia Sanitária e Ambiental. Escola de Engenharia/UFMG.

O *campus* Pampulha da UFMG possui grandes espaços de áreas verdes, os quais requerem manutenção constante, gerando grande volume de resíduos verdes. Por conseguinte, tais resíduos foram enquadrados no Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Especiais da Instituição. Este estudo foca a problemática do espaço físico voltado para o tratamento desses resíduos, objetivando aplicar uma metodologia locacional que permita avaliar alguns locais dentro do *campus* Pampulha, os quais possam ser utilizados no tratamento atual dentro da UFMG denominado compostagem. Para a elaboração da metodologia foram revisados, de modo simplificado, alguns métodos econométricos e locacionais, tendo como propósito principal direcionar o estudo para a caracterização e seleção de possíveis micro-áreas dentro do *campus*. Foram planejadas três etapas a serem realizadas para o diagnóstico. A primeira etapa consistiu em uma avaliação de todo o *campus* no intuito de pré-selecionar algumas micro-áreas possíveis, dimensionando-as. Na segunda, foram definidos alguns critérios de seleção que se adequassem às regras da Instituição e às necessidades da operacionalidade da compostagem, exprimindo assim os parâmetros quantitativos e qualitativos que melhor avaliassem as micro-áreas. Para a caracterização foi adotada a premissa de que as nove micro-áreas pré-selecionadas dentro do *campus* e uma área controle, representada pela área de compostagem do aterro sanitário de Belo Horizonte (BH), responderiam aos critérios de seleção definidos de forma semelhante. Na última etapa, foi aplicada uma metodologia matemática sobre os dados permitindo uma avaliação comparativa entre todas as áreas, assim como, permitindo a ponderação das características físicas. Por fim, Matrizes de Correlacionamento entre os parâmetros e as micro-áreas foram geradas, assim como Índices. Espera-se que os locais de maior pontuação reflitam e proporcionem as melhores condições operacionais e, em longo prazo, uma contínua adequação da Instituição perante a legislação ambiental e aos objetivos de desenvolvimento sustentável. Os resultados demonstraram que a “Área Controle” obteve a maior pontuação; e as micro-áreas do *Campus* denominadas “Mineirão”, “FUNDEP” e “Entrada do CPOR” foram as três mais bem pontuadas, com empate entre as duas últimas.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1	ASPECTOS LEGAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	12
3.2	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	19
3.3	TRATAMENTO DOS ROS E O PROCESSO DE COMPOSTAGEM	29
3.4	PARTICIPAÇÃO DAS UNIVERSIDADES NA PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	38
3.5	CAMPUS PAMPULHA: GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	40
3.5.1	<i>Campus</i> Pampulha	40
3.5.2	Histórico	42
3.5.3	Projeto de Destinação dos Resíduos Verdes (PDRV)	44
3.6	MÉTODOS ECONOMÉTRICO E LOCACIONAL	52
4	METODOLOGIA	57
5	RESULTADOS	59
5.1	VISÃO PRODUTIVA	59
5.2	AVALIAÇÃO HISTÓRICA DO GERENCIAMENTO DOS RVs	62
5.3	ESTUDO LOCACIONAL	65
5.3.1	Pré-seleção das micro-áreas e critérios utilizados	66
5.3.2	Construção dos componentes e dos indicadores	71
5.3.3	Componente Operacional-Econômico: construção das matrizes com a classificação e a ponderação	71
5.3.4	Componente Ambiental-Social-Político: construção das matrizes com a classificação e a ponderação	77
5.3.5	Metodologia matemática	79
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	84
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
8	ANEXO I: TABELA DE NORMAS ABNT (2009).	93
9	ANEXO II: IMAGENS GOOGLE EARTH DAS MICRO-ÁREAS DENTRO DO CAMPUS PAMPULHA	95
10	ANEXO III: CÁLCULO DIMENSIONAL PARA O NOVO PÁTIO DE COMPOSTAGEM DO CAMPUS PAMPULHA/UFMG	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos.	24
Figura 2: Unidade de Triagem e Compostagem	26
Figura 3: Desenho esquemático de um aterro sanitário	27
Figura 4: Sistema de Tratamento através da Compostagem	37
Figura 5: Localização do Campus Pampulha/UFMG – Belo Horizonte, MG.	41
Figura 6: Ciclo de vida dos resíduos verdes no campus Pampulha, desde a geração até a destinação final	49
Figura 7: Organograma de gestão dos resíduos verdes no campus Pampulha.	50
Figura 8: Processo de compostagem do tipo Windrow.	52
Figura 9: Relação produção e consumo do gerenciamento de RV.	60
Figura 10: Visão geral do processo de tratamento dos RV.	60
Figura 11: Organograma da gestão dos RV no campus Pampulha.	61
Figura 12: Escoamento superficial no período da chuva (a) e demonstração da ausência de chorume no período da estiagem (b).	62
Figura 13: Volume de RV gerado, disposição no aterro, reutilização na DAV e índice de reciclagem, no período de 2002 a 2008.	63
Figura 14: Pátio atual da compostagem na DAV/UFMG	64
Figura 15: Compostagem na FAE	64
Figura 16: Distribuição das 09 (nove) micro-áreas dentro e na vizinhança do Campus Pampulha	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensionamento das micro-áreas e tamanho estimado.	68
Tabela 2: Componentes e indicadores operacional-econômicos e ambiental-social-políticos identificados pelos critérios de seleção.	71
Tabela 3: Quantificação do indicador tamanho através do QD e ponderação.	73
Tabela 4: Indicadores operacional-econômicos, sua classificação e pontuação.	76
Tabela 5: Resultado Geral da Pontuação dos Indicadores Operacional-Econômicos.	76
Tabela 6: Indicadores ambiental-social-políticos, sua classificação e pontuação.	78
Tabela 7: Resultado Geral da Pontuação dos Indicadores Ambiental-Social-Políticos.	79
Tabela 8: Resultado dos componentes operacionais-econômicos (COE).	81
Tabela 9: Resultado dos componentes ambiental-social-políticos (CASP).	81
Tabela 10: Resultados dos Índices, do Quociente de Sustentabilidade e do <i>Ranking</i> final.	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS – Aterro Sanitário

DAV – Divisão de Áreas Verdes/UFMG

DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG

DSG – Departamento de Serviços Gerais/UFMG

Horto – nome popular da Divisão de Áreas Verdes/UFMG

MHN – Museu de História Natural/UFMG

MO – matéria orgânica

RO - resíduos orgânicos

RS – resíduos sólidos

RSU – resíduos sólidos urbanos

RV – resíduos verdes, oriundos de restos florais – galhos, folhas, sementes, grammas, bambus.

SLU – Superintendência de Limpeza Urbana – Prefeitura de Belo Horizonte/MG

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

1 INTRODUÇÃO

Século XXI ... Problemas ambientais relevantes. A humanidade descobre que a natureza é finita e que suas necessidades são infinitas. Sistema capitalista em franca atuação. A população humana mundial aproximando-se a passos largos dos sete bilhões (aumentando em torno de três bebês por segundo). Consumismo cada vez mais intenso. Geração de resíduos¹ – sólidos, líquidos, perigosos, contaminantes, não-inertes¹ ou inertes¹ - em ampla expansão. As teorias e tecnologias formuladas até o momento não resolveram os problemas de destinação final dos resíduos, os quais os administradores públicos enfrentam. Aparentemente, criam apenas novos problemas ambientais. Assim, outros modos de gerir, tratar e destinar os resíduos sólidos são pensados. O gerenciamento dos resíduos requer profissionais que entendam sobre Meio Ambiente, Gestão, Lucratividade e Desenvolvimento Sustentável. Isto é, que entendam sobre saneamento, biologia, administração, engenharia, economia, dentre outras disciplinas. Tudo por causa da complexidade dos temas Gestão, Gerenciamento e Resíduos Sólidos, os quais requerem uma visão de processo mais barato, oferecendo maior bem-estar para a população e garantindo qualidade de vida presente e futura. Assim, objetivando o tratamento, inovações tecnológicas são apresentadas e testadas, e tecnologias antigas, às vezes consideradas obsoletas, são reutilizadas. Encaixa-se neste último, o tratamento dos resíduos orgânicos através da compostagem “artesanal”.

A compostagem, que nada mais é do que um processo biogeoquímico natural, isto é, realizado pela natureza, foi então entendida, controlada e utilizada pelos homens. Há milênios, a matéria orgânica tem sido vista como o principal fator de fertilidade do solo na zona rural. Assim, agricultores empregavam tal tratamento – Compostagem - como um processo intermediário de aproveitamento dos resíduos orgânicos agrícolas e dejetos (como esterco animal), processando-os para depois devolvê-los ao solo como adubo.

¹ A Lei 18.031/09 que dispõe sobre a Política Estadual de RS define como “*resíduos sólidos os resíduos em estado sólido ou semi-sólido resultantes de atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, inclusive os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e os resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água*”. Os resíduos não-inertes (Resíduos Classe II-A) “*aqueles que não se enquadram nas classificações de Resíduos Classe I – Perigosos; ou de Resíduos Classe II-B - Inertes, nos termos desta Lei, podendo apresentar propriedades tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água*”; enquanto que os resíduos inertes “(Resíduos Classe II-B) “*aqueles que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água vigentes, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.*” (SLA, 2009).

Na UFMG, desde 2004, diversos estudos, voltados para a problemática dos resíduos verdes gerados dentro do *Campus* Pampulha, foram realizados. Chegando-se a conclusão que a compostagem seria o melhor processo de tratamento a ser utilizado pela Instituição. No segundo semestre de 2008, os gestores do Programa de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Especiais e do Programa de Gerenciamento dos Resíduos Verdes determinaram a realização de estudos com o objetivo de definir novas áreas, dentro do *campus* Pampulha, para ser utilizada como pátio de compostagem no tratamento dos resíduos verdes. Inclusive, atendendo às recomendações apresentadas por Lapertosa (2006) quando da análise da gestão dos resíduos verdes e a produção de composto orgânico pela Instituição.

2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral do estudo será formular e empregar uma metodologia locacional que classifique operacional-social-ambientalmente uma área capaz de se transformar em um novo pátio de compostagem dentro do *campus* Pampulha. Somado a isso, objetiva-se convencer, com dados científicos, o Conselho Universitário da Instituição para que conceda o uso imediato da área classificada para o processo de tratamento dos Resíduos Verdes e Orgânicos gerados dentro da Instituição.

Ao passo que os objetivos específicos foram: avaliar o Programa de Gerenciamento dos Resíduos Verdes da UFMG; escolher uma metodologia locacional que tente vislumbrar as diferenças dos locais, conforme o grau de importância identificado pelas informações operacionais, econômicas, ambientais, sociais e políticas; definir critérios e parâmetros de caracterização que determine qual a melhor área a ser utilizada como pátio de compostagem para receber e tratar o crescente volume de resíduos verdes e orgânicos gerados; aplicar o método em algumas possíveis micro-áreas dentro do *campus*; e, por fim, definir fórmulas matemáticas que diferenciem e escalonem as características pré-selecionadas das micro-áreas no intuito de ordená-las numericamente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Por muitos anos, os resíduos domésticos, predominantemente restos alimentares, foram jogados nas ruelas estreitas das cidades atraindo diversos animais. Posteriormente, foram

criados os lixões a céu aberto fora das cidades para onde tais resíduos eram levados para serem queimados ou acumulados. O simples afastamento das pessoas tornava os lixões uma solução fácil e barata. Esse método de gerenciamento de resíduo foi considerado adequado por muito tempo, até quase meados do século XX. Quando as cidades e, em consequência, o volume de resíduos cresceram, os lixões não resolveram os problemas de disseminação de doenças, não destruíam os resíduos indesejados e provocavam outros problemas inerentes a tal disposição como o mau cheiro e a contaminação dos cursos d'água, prejudicando a qualidade de vida urbana. Portanto, os problemas inerentes a esse tipo de disposição fizeram ressurgir nos governantes a mesma preocupação que tiveram seus antepassados séculos atrás (Jardim, 1995).

A partir do século XX, com o advento das problemáticas ambientais nas décadas de 70-80, as entidades públicas voltaram sua atenção para os Resíduos, formulando gradativas e crescentes ações visando a minimizar tais problemas e controlar os impactos que prejudicassem os seres humanos. Para a adequada solução dos problemas ambientais, as entidades públicas deviam assumir os novos princípios apresentados nos documentos internacionais, que pautavam o respeito à vida e ao meio ambiente, como por exemplo: Relatório Brundtland ou “Nosso Futuro Comum” elaborado em 1987; Declaração do Rio que elaborou a Agenda 21 e as Metas do Milênio, em 1992; entre muitos outros documentos. Logo, toda a sociedade (cidadãos, empresas, órgãos governamentais e não-governamentais) é responsável pela preservação e proteção do meio ambiente, conforme indicado na Carta Magna, Constituição de 1988 (Zhourri, 2005; Strauch, 2008).

Em consequência, a gestão ² dos resíduos originou-se junto com a tecnologia industrial. Novas tecnologias foram sugeridas, como por exemplo, os grandes aterros controlados, os quais concentram quantidades enormes de resíduos, dispendo-os num único local. A partir da década de 90, o tema “Reciclagem” passou a ser a nova abordagem para complementar o tratamento ³ dos resíduos em face dos novos conhecimentos científicos sobre os problemas trazidos pelos então aterros controlados, os quais ainda estavam associados a grandes problemas ambientais e de saúde pública. Assim, novas leis tentam estimular a economia de recursos naturais e a reciclagem dos resíduos. Com o decorrer do tempo, várias legislações

² Gestão envolve tarefas administrativas típicas da atividade empresarial, incluindo o planejamento estratégico, o suporte à tomada de decisão, a administração financeira e a gestão dos recursos humanos (Tigre, 2006).

³ Entende-se Tratamento como “Sistema de Tratamento de Resíduos Sólidos que é o conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, químicas ou biológicas dos resíduos e conduzem à minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente” (Jardim, 1995).

foram criadas para tentar controlar e/ou mitigar os impactos provocados pelas ações antrópicas. Posteriormente, surgem os aterros sanitários como locais ambientalmente corretos para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, pois eram exigidas inúmeras ações de controle ambiental. Com a utilização dos aterros sanitários, são editadas diversas normas técnicas regulamentando sua construção, operação e gestão (Jardim, 1995; Bidone, 1999; Barros, 2000).

3.1 ASPECTOS LEGAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Constituição Federal no § 3º do art. 225 menciona que “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.” Ademais, o art. 23, inciso VI determina a **competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios** (grifo meu) para protegerem o meio ambiente e combaterem a poluição em qualquer de suas formas. Com esta visão, os políticos assumem o papel fundamental de legislar em favor do meio ambiente, onde as leis serão os instrumentos que determinarão as formas e os meios com que se irá fazer essa proteção e a direção a ser seguida por todos: cidadãos, empresas e governos. A autorização dada por Leis Complementares para que os Estados e os Municípios legislem de forma concorrente, porém complementar à legislação Federal, permite uma uniformização nos procedimentos legais em âmbito nacional, aumentando a eficácia na aplicação das leis ambientais (Strauch, 2008).

Como medida de política ambiental, criou-se instrumentos de caráter econômico, persuasivo e legislativo, sendo que a escolha de qual instrumento será utilizado ocorrerá pela comparação da eficácia ambiental e da eficiência econômica das alternativas disponíveis. Os instrumentos de caráter econômico, que atuam na relação custo/benefício, utilizam diversas formas para desestimular as ações ambientalmente indesejadas como o risco de receber multa e penalidades ambientais, certificados, subvenções, obrigatoriedade para o produtor receber produtos de volta (embalagens retornáveis, pneus, resíduos contaminantes e eletrônicos), financiamentos restringidos, IPTU Ecológico, Créditos de Carbono, outros. Essas ações tanto podem visar a desestimular o poluidor-pagador aumentando seus custos (por exemplo, a cobrança de taxas de coleta proporcional ao volume ou peso do resíduo), quanto estimular a conduta criando benefícios (como por exemplo, a isenção de impostos para recicladores ou a criação de mercado para créditos comercializáveis). Assim, cada uma das medidas de política

ambiental criada influencia o custo ou o benefício ligado a cada alternativa de ação do poluidor-pagador.

Já os instrumentos persuasivos influenciam as informações e os valores intrínsecos dos tomadores de decisões, e ocorrem através de campanhas educativas ambientais na mídia de massa, acordos voluntários, projetos de educação socio-ambiental. Os de caráter legislativo, conhecidos como instrumentos de comando e controle, tendem a reprimir as ações impactantes mesmo que a relação custo/benefício destas não seja apreciada pelos poluidores (Strauch, 2008). Estes, normalmente, são utilizados pelos órgãos de controle ambiental no licenciamento, outorga, na gestão de unidades de conservação e nos diversos temas ambientais que envolvem as zonas urbanas, assim como as zonas rurais.

No Brasil, a legislação vigente sobre resíduos sólidos é ainda bastante escassa, quando comparada aos projetos de lei ambientais que tramitaram no Congresso Nacional. São elaboradas, continuamente, leis ambientais importantes como, por exemplo, a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Saneamento Básico, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os diversos Planos Estaduais de Saneamento e de Resíduos Sólidos, assim como, as diversas leis municipais de uso e ocupação dos solos. Hoje, em qualquer lugar do território brasileiro, qualquer cidadão pode denunciar crimes ambientais ao Ministério Público, aos órgãos de meio ambiente e à polícia ambiental. Assim, as leis ambientais se tornam mais severas e abrangentes, obrigando a sociedade moderna a repensar suas práticas produtivas, sua relação com o meio ambiente e desenvolver novas soluções visando a minimizar a produção de resíduos (Martins Juras, 2000; Araújo, 2005; Strauch, 2008).

Descrevem-se abaixo, em ordem cronológica, algumas leis e regulamentos importantes sobre resíduos sólidos (Strauch, 2008; IBAMA, 2008; FEAM, 2009), a saber:

- ✎ Portaria MINTER n° 53/1979 (Ministério do Interior), que estabelece normas para os projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, assim como a fiscalização de sua implantação, operação e manutenção. Define o tratamento que deve ser dado aos resíduos sólidos perigosos, tóxicos ou não, responsabilizando os órgãos estaduais de controle de poluição pela fiscalização da implantação, operação e manutenção dos projetos de tratamento e disposição dos resíduos sólidos.
- ✎ Portaria GM n° 124/1980 (Gabinete do Ministro), que regulamenta a localização e os aspectos construtivos de edificações para armazenamento de substâncias potencialmente poluidoras.

- ✎ Lei nº 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e outras providências. Ela determina a obrigatoriedade do licenciamento ambiental tanto para construção, instalação, ampliação e funcionamento de atividades utilizadores de recursos ambientais quanto para as atividades capazes de causar degradação ambiental, sob qualquer forma. Engloba todas as atividades ligadas a geração de resíduos.
- ✎ Deliberação Normativa COPAM nº 07/1981, que fixa normas para disposição de resíduos sólidos.
- ✎ Lei nº 9.367/1986, que dispõe sobre a destinação e tratamento de águas residuais e de resíduos sólidos provenientes de indústrias de açúcar, álcool e aguardente no Estado de Minas Gerais.
- ✎ Lei Federal nº 7.802/1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.
- ✎ Decreto nº 875/1993, que promulga a Convenção da Basileia sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos e seu depósito.
- ✎ Lei Estadual nº 11.720/1994, que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico.
- ✎ Portaria IBAMA nº 45/1995, que constituindo a Rede Brasileira de Manejo Ambiental de Resíduos (REBRAMAR) com a proposta de facilitar o intercâmbio, difusão e acesso dos membros da Rede aos conhecimentos e experiências que dizem respeito ao manejo de resíduos perigosos.
- ✎ Lei nº 9.605/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas das condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. No art. 54 é determinado como crime *“causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana; [...] § 2º se o crime: [...] V – ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos. Pena: reclusão, de 1 a 5 anos”*.
- ✎ Deliberação Normativa COPAM nº 26/1998, que dispõe sobre o co-processamento de resíduos em fornos de clínquer.

- ✎ Lei Estadual nº 13.766/2000 e suas alterações, que dispõe sobre a política estadual de apoio e incentivo à coleta seletiva de lixo.
- ✎ Lei Estadual nº 13.796/2000, que dispõe sobre o controle e o licenciamento dos empreendimentos e das atividades geradoras de resíduos perigosos no Estado.
- ✎ Lei nº 14.128/2001, que dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais e sobre os instrumentos econômicos e financeiros aplicáveis à Gestão de Resíduos Sólidos.
- ✎ Lei nº 14.129/2001, que estabelece condição para a implantação de unidades de disposição final e de tratamento de resíduos sólidos urbanos.
- ✎ Deliberação Normativa FEAM nº 52/2001 (Fundação Estadual do Meio Ambiente) e suas alterações, que exige que todos os municípios mineiros implantem sistemas adequados de disposição final de lixo.
- ✎ Decreto Federal nº 5.940/2006, que institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis.
- ✎ Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento Básico. Apresenta vários princípios fundamentais que permitem o acesso aos serviços básicos como a limpeza urbana e manejo de resíduos. Determina, também, a contratação de cooperativas ou associações de catadores para coleta seletiva de lixo.
- ✎ Decreto nº 6.087/2007, que regulamenta, no âmbito da Administração Pública Federal, o reaproveitamento, a movimentação, a alienação e outras formas de desfazimento de material.
- ✎ Deliberação Normativa COPAM nº 117/2008, que dispõe sobre a declaração de informações relativas às diversas fases de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados pelas atividades minerárias no Estado de Minas Gerais.
- ✎ Deliberação Normativa COPAM nº 119/2008, que reitera a convocação aos municípios com população urbana acima de 30.000 habitantes, que não cumpriram os prazos estabelecidos na DN 105/2006, a formalizarem processo de licenciamento ambiental para sistema de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos.

- ✎ Deliberação Normativa COPAM nº 126/2008, convoca os municípios com população entre vinte e trinta mil habitantes ao licenciamento ambiental de sistemas adequados de tratamento ou destinação final de resíduos sólidos urbanos.
- ✎ Lei Estadual nº 18.031/2009, que instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos para Minas Gerais, sendo a mais nova lei sobre o tema.

De acordo com Martins Juras (2000), a Lei Federal 9.605/98 permite que a Administração Municipal seja acionada legalmente, via Ministério Público ou pelo órgão estadual de meio ambiente, para que execute a limpeza urbana de forma ambientalmente correta. Strauch (2008) menciona que apesar da existência das leis, o foco continua em “como se livrar do lixo com o menor esforço possível”, ao invés de solucionar o problema do uso irracional dos recursos. Deste modo, permanece o risco infringido à saúde pública e ao meio ambiente. Apesar disto, com uma visão pioneira, a lei Estadual 18.031/09 estabelece o princípio da logística reversa para os resíduos, no qual em vez de ser encarado como um problema é visto como oportunidade de renda e desenvolvimento sustentável para a sociedade, por meio de sua utilização como insumo ou por determinação de entes públicos através da edição de normas de incentivo fiscal, financeiro ou creditício para programas de gestão integrada de resíduos, em parceria com organizações de catadores de recicláveis (FEAM, 2009).

Contribuindo com as leis, existem as resoluções CONAMA (MMA, 2009), também voltadas para os resíduos sólidos, a saber:

- ✎ Resolução CONAMA 6/1988, que obriga as indústrias geradoras de resíduos a apresentarem ao órgão ambiental competente informações sobre a geração, características e destino final de seus resíduos.
- ✎ Resolução CONAMA 5/1993, que dispõe sobre o tratamento de resíduos gerados em estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.
- ✎ Resolução CONAMA 9/1993, que dispõe sobre o uso e descarte de óleos lubrificantes.
- ✎ Resolução CONAMA 235/1998, que dá nova redação ao art. 8 da Resolução CONAMA 23/1996 que classifica os resíduos para importação.
- ✎ Resolução CONAMA 257/1999, que dispõe sobre pilhas e baterias.
- ✎ Resolução CONAMA 264/1999, que dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos, exceto os

domiciliares brutos, serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins.

- ✎ Resolução CONAMA 258/1999, que dispõe sobre coleta e destinação final de pneus.
- ✎ Resolução CONAMA 275/2001, que estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.
- ✎ Resolução CONAMA 283/2001, que dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde.
- ✎ Resolução CONAMA nº 14/2002, que dispõe sobre o registro de produtos destinados a remediação e dá outras providências.
- ✎ Resolução CONAMA nº 313/2002, que dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, enfatizando o enfoque das responsabilidades quanto aos Diplomas Legais.
- ✎ Resolução CONAMA 316/2002, que regulamenta o processo de incineração e limites de emissão de gases para atmosfera. No caso da incineração de resíduos urbanos, deve haver concomitantemente um esforço de triagem para reciclagem. Também dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, incluindo-se o co-processamento.
- ✎ Resolução CONAMA 307/2005, que dispõe sobre o plano de gerenciamento de resíduos da construção civil.
- ✎ Resolução CONAMA 358/2005, que dispõe sobre a destinação dos resíduos de serviços da saúde em concordância com a RDC ANVISA 306/2004. A Resolução RDC ANVISA 306/2004 dispõe sobre o regulamento técnico para gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde.
- ✎ Resolução CONAMA 404/2008, que estabelece os critérios e as diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte para resíduos sólidos urbanos.

A Resolução CONAMA nº 313/2002 determina que a Responsabilidade Civil do gerador de resíduo sólido industrial deriva de sua obrigação pelo transporte e a destinação dos seus resíduos, permanecendo sua responsabilidade ainda que tais resíduos tenham sido entregues a

terceiros e que estes tenham aprovação do órgão federal, estadual ou municipal. Já a Responsabilidade Penal é aquela que varia em função do comportamento do gerador, dependendo das provas e se é dolo ou culpa. Portanto se promover danos ambientais, o gerador terá agido com culpa por não ter dado destinação adequada a seus resíduos, mesmo que tenha contratado terceiros, autorizados por órgãos competentes. Ademais, o gerador, os terceiros e o próprio órgão ambiental competente, que tenha dado autorização para o tratamento e/ou disposição de resíduos, podem ser chamados pelo Ministério Público para responder por danos ambientais que porventura venham a ser causados por resíduos dispostos inadequadamente.

Por último, mas não menos importante, são as diversas normas da ABNT (2009). Destacando-se para aterro, resíduo sólido e compostagem as normas (vide outras no Anexo I):

- ✎ NBR 8.418/84, que dispõe sobre apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos - Procedimento.
- ✎ NBR 8.849/85, que dispõe sobre a apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.
- ✎ NBR 10.157/87, que dispõe sobre aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação – Procedimento.
- ✎ NBR 8.419/92 e suas alterações, que dispõe sobre apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
- ✎ NBR **Série** 12.800/93, refere-se aos vários sub-temas dos Resíduos Sólidos de Saúde.
- ✎ NBR 13.591/96, que dispõe sobre compostagem – Terminologia.
- ✎ NBR 13.896/97, que dispõe sobre aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.
- ✎ NBR **Série** 10.000/04, se refere aos vários subtemas relacionados com Resíduos Sólidos.
- ✎ NBR **Série** 15.000/04, se refere aos vários subtemas dos Resíduos Sólidos de Construção Civil.
- ✎ NBR 13.230/08, que dispõe sobre embalagens e acondicionamento de plásticos recicláveis - Identificação e simbologia.
- ✎ NBR 15.448-2/08, que dispõe sobre embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis. Parte 2: Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio.

De modo geral, tais normas atribuem aos empreendimentos a obrigação de gerenciar os resíduos desde sua produção até o tratamento e disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública.

Especificamente sobre a qualidade do composto orgânico ou do produto final da compostagem foram elaboradas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009) algumas instruções normativas, a saber:

- ✎ Instrução Normativa MAPA 23/05 que determina e aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura;
- ✎ Instrução Normativa MAPA 64/08 que aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal;
- ✎ Instrução Normativa MAPA 19/09 que aprova os mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica; e
- ✎ Instrução Normativa MAPA 42/09 que institui o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Vegetal - PNCRC/Vegetal.

3.2 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O sistema capitalista produz bens e serviços, para atender às demandas cada vez maiores de um consumismo fortemente incentivado pelas mídias. As populações humanas, inseridas em economias industrializadas, conseguem transformar os recursos naturais em produtos e, finalmente, em resíduos, os quais podem até ser “perigosos” para a saúde humana como, por exemplo, as lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias. Diversos produtos atingirão grandes volumes e novas características de periculosidade, convertendo-se em materiais mais difíceis de serem reincorporados pela natureza (por exemplo, eletroeletrônicos, veículos e pneus) e todos estes terão seu fim como lixo ou resíduos sólidos (RS) ⁴.

⁴ Para D’Almeida & Vilhena (2000), resíduos sólidos é um material indesejável ou descartável das atividades humanas, considerado inútil. Enquanto que para Barros (2000) abrange materiais e substâncias que diferem da denominação popular ou mais simples de “lixo”. Quando é imaginado “resíduo doméstico urbano” pensa-se em objetos que não têm serventia ou não são desejáveis para o seu dono. Geralmente, tais materiais são produzidos nas atividades urbanas, tanto públicas como particulares. Mais do que isso, o termo “resíduo sólido” engloba os

Barros (2000) menciona que na cadeia produtiva, os derradeiros geradores de resíduos são os consumidores, e, geralmente, existe um fluxo linear “produto-resíduo” que deve ser modificado de modo a se tornar mais sustentável ecologicamente. Desde modo, o atual contexto político-cultural deveria alterar a percepção de lixo e incorporar os conceitos de redução, reuso, reciclagem e sustentabilidade nos produtos e futuros resíduos, visando a transformar o modelo de fluxo linear para um fluxo mais equilibrado e sustentável.

Somado a essa questão, Strauch (2008) comenta que os mercados altamente competitivos geram produtos com mais embalagens, mais tintas, mais propagandas, mais gasto de energia e assim por diante, aumentando a pegada ambiental ⁵ do produto. Logo, discutir as condições necessárias para a sustentabilidade urbana significa, também, repensar em como consumir, transportar e tratar os resíduos; além de repensar as ações de 3Rs e destinação final como um “dever e direito dos cidadãos”. À medida que os processos industriais transformadores aumentam, o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida tornam-se mais ameaçados. Strauch (2008) reflete que alguns produtos são consumidos apenas parcialmente e outros são transformados em resíduos com características prejudiciais, superando a capacidade de absorção, transformação, reposição ou degradação pela natureza. Daí nasce a problemática do gerenciamento dos resíduos sólidos.

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2006) demonstram que o serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) no país alcança índices elevados, indicando que em torno de 94% dos domicílios são atendidos. A gestão de RSU, de acordo com a Constituição Federal, é um assunto de competência municipal, pois a partir de 1988 o município passou a ser um ente federativo autônomo, dotado de competências próprias, independência administrativa, legislativa e financeira e, em particular, com a faculdade de legislar sobre assuntos de interesse local, daí derivando a interpretação de que o município é, portanto, o detentor da titularidade dos serviços de limpeza urbana, incluindo toda a gestão e manejo dos resíduos sólidos, desde a coleta até a sua destinação final.

Todavia as administrações municipais, principalmente as de pequeno porte, têm enfrentado dificuldades históricas na busca de soluções para esse problema, com resultados pouco

“lixos” domiciliares, comerciais, industriais, dos serviços de saúde, das atividades agrícolas, da mineração e outros. Ademais, estão presentes na forma sólida, semilíquida ou líquida; podem ser inertes, ou não; e podem ser secos ou úmidos (contendo água).

⁵ Pegada Ambiental é o conjunto dos impactos ambientais que uma pessoa, empresa, instituição, produto ou serviço gera. Incluem produção de resíduos, gastos com energia e água, contaminação por produtos secundários, emissões líquidas e gasosas poluidoras, supressão de vegetação, entre outros (Strauch, 2008).

satisfatórios na maioria dos casos. Pesquisas recentes mencionam que é crítica a situação da disposição final dos materiais inservíveis, demonstrando que muitos municípios brasileiros ainda depositam seus resíduos em "lixões" ou "vazadouros" a céu aberto, e que existem pouquíssimos aterros sanitários municipais. Mencionam, também, que tal fato é devido à carência de recursos técnicos e financeiros para solucionar os problemas ligados à gestão de resíduos sólidos; e que ainda é frequente observar gestões e ações sem prévio e adequado planejamento técnico-econômico. Tal quadro é agravado pela falta de regulação e controle social no setor (Barros, 2000; FEAM, 2009). Ademais, normalmente, os municípios não utilizam a possibilidade de cooperação entre eles no intuito de estabelecer consórcios públicos previstos na Lei nº 11.107/2005 para amenizar os problemas de gestão.

Na virada do milênio, Barros (2000) menciona que pouco mais de 2% do total de municípios mineiros possuíam aterros sanitários licenciados junto ao órgão ambiental competente FEAM. Em 2008, 45,92% da população urbana mineira tinha acesso a sistemas de disposição final de resíduos sólidos contra 19,2% em 2003 (FEAM, 2009). Em 2009, de acordo com a Gerência de Saneamento Ambiental da FEAM (2009) existiam 462 lixões, 95 usinas de triagem e compostagem ⁶, 241 aterros controlados e 49 aterros sanitários no estado de Minas Gerais. Essa gerência menciona, também, que o Estado tem como objetivo atender, até 2011, no mínimo 60% da população urbana com sistemas de tratamento ou disposição final de RSU tecnicamente adequados, além de reduzir 80% dos lixões existentes, onde as unidades de reciclagem e/ou de compostagem objetivam reduzir a quantidade, respectivamente, de resíduos recicláveis e orgânicos, que iriam ser dispostos nos aterros sanitários.

Strauch (2008) parte do princípio de que o reconhecimento do problema e a implementação dos processos de gestão de resíduos sólidos se fazem necessários frente aos riscos advindos da forma como se lida com esse material inútil, não percebidos pelo cidadão comum, mas apontados pelos ambientalistas. A preocupante realidade do meio urbano, independente do seu tamanho, se traduz na banalização de ações voltadas para o lixo diário. Logo, a gestão dos resíduos deve ser entendida como um direito do cidadão, uma preocupação frente à limitação dos recursos ambientais e ao espaço insuficiente das áreas urbanas para sua destinação final.

Hoje, os resíduos sólidos urbanos das metrópoles, de certo modo, não estão sendo deixados nas ruas da cidade (fato contrário, ao caso dos resíduos de construção civil e móveis

⁶ A norma ABNT NBR 13591:1996 define Usina de Compostagem como uma "instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamento eletromecânico destinado a promover e/ou auxiliar o tratamento das frações orgânicas dos resíduos sólidos domiciliares".

domésticos), todavia, são transportados cada vez mais para longe e para aterros com infraestruturas complexas e caras. Tal ação tende a aumentar a segurança sanitária urbana, mas não resolve, de forma alguma, o problema da disposição dos resíduos e de seu crescente volume. A gestão dos RSU complica-se quando são cogitados os resíduos de construção civil (por seu volume) e de saúde-químicos-radioativos (por sua periculosidade). Portanto, o adequado gerenciamento dos resíduos das áreas urbanas deve possuir os objetivos de: redução, reciclagem, reutilização e, somente no último caso, serem dispostos em aterros sanitários.

Para que ocorra o devido gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos (GIRSU ⁷) é necessário envolver os diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza, a coleta, o tratamento ⁸ e a disposição final do lixo (Monteiro e Zveibil, 2001; Tchobanoglous et al, 1993). O Capítulo 21 da Agenda 21 menciona que “[...] o manejo ambientalmente saudável dos resíduos deve ir além da simples deposição ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados [...]” (Agenda 21, 2002; Monteiro e Zveibil, 2001). Assim, deve levar em consideração as características das fontes de produção, o volume e a tipologia dos resíduos, devendo ser tratado e disposto de modo diferenciado, conforme técnica adequada e sob uma visão ambientalmente correta (Monteiro e Zveibil, 2001). O GIRSU visa a reduzir os resíduos na fonte, aplicar ações de coleta seletiva ⁹ (fonte-população) com a triagem dos resíduos para, posteriormente, maximizar a reciclagem e a compostagem, promovendo a redução numérica e volumétrica dos resíduos destinados para o aterro sanitário.

O gerenciamento também deve ser planejado para cada tipo específico de resíduo, os quais devem receber atenção diferenciada, de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas; assim como, deve considerar a situação local do gestor, sua disponibilidade de recursos financeiros, a logística envolvida e os impactos ambientais decorrentes (Bidone, 1999). Vários pesquisadores (Jardim, 1995; Bidone, 1999; Barros, 2000; Monteiro e Zveibil, 2001; Braga et al, 2005) afirmam que o GIRSU é imprescindível para manter a qualidade do saneamento básico e da saúde na comunidade, onde o tratamento ideal, para qualquer tipo de resíduo, deveria permitir tanto sua reutilização (parcial ou total), quanto torná-lo inerte

⁷ O GIRSU é definido por Jardim (1995) como o “conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o lixo”.

⁸ Para Monteiro e Zveibil (2001), o tratamento é uma série de procedimentos técnicos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos RS.

⁹ Coleta Seletiva é denominada como a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (Barros, 2000).

(química e biologicamente). Para a reutilização, deveriam ser difundidas ações que permitissem reciclar e reaproveitar os resíduos e, neste caso, vários artigos abordam o tema dos catadores de materiais recicláveis, fomentando o incentivo a mecanismos que fortaleçam a atuação de associações ou cooperativas. Quanto à inertizá-lo, deveriam ser tomadas ações que executassem o processo mais adequado para determinado resíduo, e se fosse o caso, posteriormente, serem destinados aos aterros sanitários. Embora, o aterro sanitário ¹⁰ seja atualmente considerado a melhor alternativa para a destinação final do lixo, ele é apenas parte da solução global do gerenciamento integrado (Barros, 2000).

De modo geral, considera-se que a coleta seletiva e a redução na quantidade dos RS, promovida pela população, sejam as primeiras ações eficazes no GIRSU, evitando o desperdício, reaproveitando, fazendo compostagem e separando os RS com algum valor mercadológico dos demais rejeitos. Essas ações auxiliariam no controle de dispersão de vetores, na diminuição da poluição, promoveriam a qualidade no saneamento básico da comunidade e favoreceriam a reciclagem dos materiais, conseqüentemente, diminuindo o uso de novos recursos naturais.

Strauch (2008) demonstra que o GIRSU (figura 1) pode empregar diversas tecnologias para executar suas etapas como: triagem (preparação para a adequada reciclagem ou reuso), logística de transporte e armazenamento (temporário ou extra-estabelecimento) para posteriores tratamentos que podem recuperar a energia e a matéria, ou, simplesmente, realizar a disposição final no aterro sanitário. Contudo, a periculosidade de cada resíduo também deve ser considerada, assim como as etapas mencionadas, logo os resíduos sólidos foram classificados de acordo com os potenciais riscos à saúde pública e ao meio ambiente pela norma ABNT NBR 10004:2004 ¹¹.

¹⁰ Segundo a norma ABNT NBR 8419:1992, aterro sanitário é “*uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível*”.

¹¹ A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. Assim, são classificados em 02 grupos: Classe I, apresentando periculosidade como os resíduos de saúde e industriais-químicos; e Classe II, não perigosos, subdivididos em: Classe II A, não-inertes, como os domésticos, comerciais e lixo público; e Classe II B, inertes ou não solúveis em água, como alguns recicláveis domésticos e comerciais (ABNT, 2009).

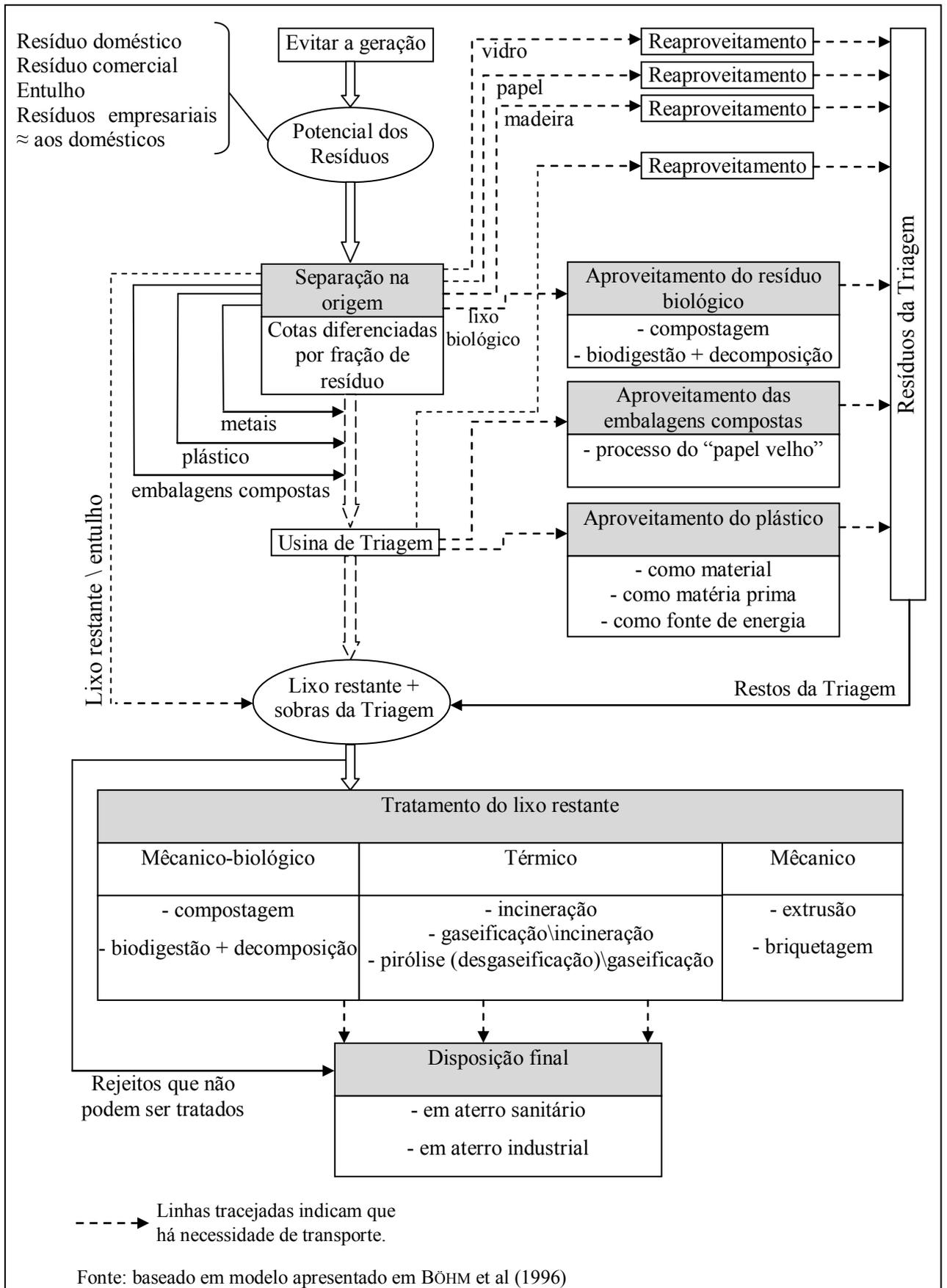


FIGURA 1: GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Fonte: Strauch, 2008, p 73.

D'Almeida & Vilhena (2000) mencionam que, normalmente, os resíduos sólidos recebidos pelos aterros sanitários são classificados como de Classe II, compreendidos os materiais que podem ser reutilizados ou reciclados (vidro, plástico, papéis, metais, madeira, móveis, entulho de obras e outros) e os materiais que sofrem decomposição como a matéria orgânica¹² (restos de alimentos, de plantas e de carcaça de animais). De acordo com Monteiro e Zveibil (2001), quando se promove a reciclagem há uma economia de energia e material embutida na transformação da matéria-prima. Isto também ocorre quando se promove a compostagem.

De acordo com Pereira Neto (1990), Kiehl (1998) e Monteiro e Zveibil (2001), a reciclagem e a compostagem são técnicas muito atraentes para aprimorar a gestão dos RSUs e o tratamento do RO possui grande alcance de preservação ambiental. Contudo, a triagem e a segregação ainda são grandes obstáculos para estas técnicas, pois os RSUs são misturados com outros resíduos não orgânicos (metais, plásticos, pilhas, baterias, outros) interferindo na qualidade final do composto, o qual poderá apresentar risco ambiental quando utilizado na agricultura. Ademais, Biddlestone e Gray (1991) adverte que ocorre emissão de odores e proliferação de vetores no tratamento dos RSUs pela compostagem por causa da mistura dos variados RO, principalmente das carnes.

Na implantação de uma Usina de Compostagem ou Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos (CTRSO) (figura 2) existem passos operacionais a serem seguidos, onde os RSUs recebidos na central devem passar primeiro pela triagem do material, a qual seleciona e separa os ROs (que entram no processo de compostagem) dos materiais inertes reciclados (papel, plástico, vidro, outros) e dos contaminantes (pilhas, baterias, tampas metálicas, outros) (Barros, 2001).

Para o IBGE (2009), as usinas de compostagem são criadas especificamente para controlar o processo de biodegradação, conceitualizando-as como *“uma instalação especializada, onde se processa a transformação de resíduos orgânicos presentes no lixo em compostos para uso agrícola”*. Lapertosa (2006) cita que no Brasil, a unidade ou usina de compostagem é pouco difundida devido à ausência de pesquisas e de conhecimento de viabilidade econômica e social.

¹² Na definição da norma ABNT NBR 13591:1996 a matéria orgânica é uma substância complexa biodegradável.

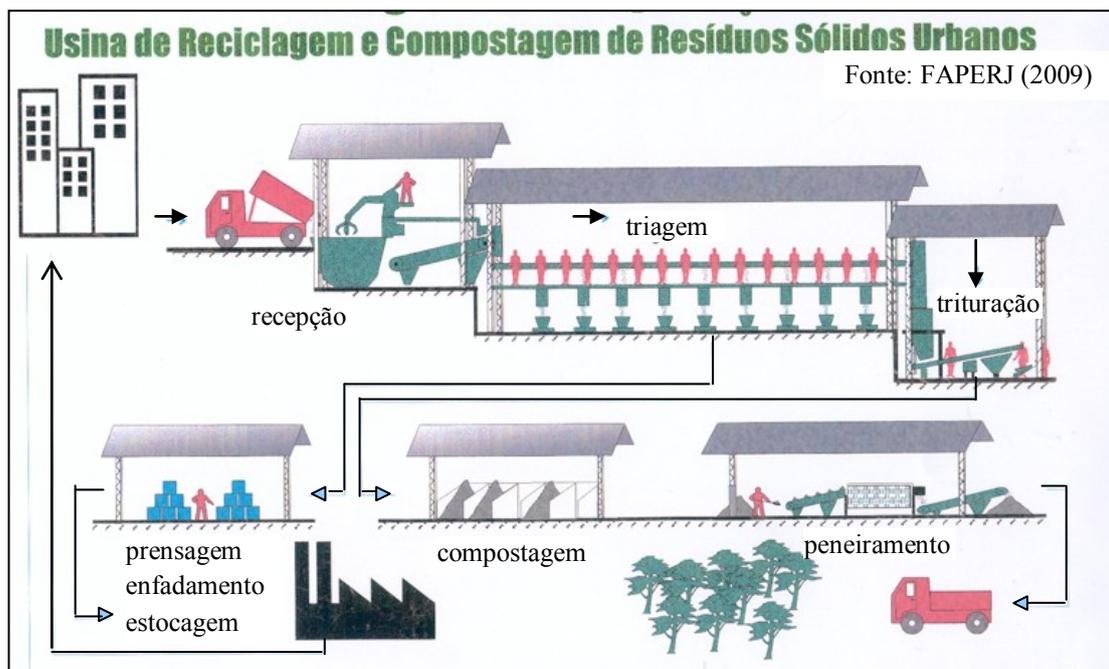


FIGURA 2: UNIDADE DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Jardim (1995), Pereira Neto (1987), Bidone (1999), Barros (2000) e Monteiro e Zveibil (2001) citam que o foco da compostagem é, normalmente, os resíduos orgânicos (RO) oriundos dos RSU, sem distinção entre os domésticos (restos alimentares de residência, comércio e indústrias) e os orgânicos verdes (originados nos parques, praças e áreas arborizadas dos centros urbanos). Ressalta-se que os resíduos orgânicos verdes são contínuos ao longo do ano, representando grandes volumes dispostos no aterro sanitário e constituídos de material celulósico, no qual a decomposição é demorada. Devida a esta lentidão, os resíduos verdes representam um problema para os aterros (por exemplo, o coco verde) e influenciam diretamente no gerenciamento dos resíduos sólidos e na operação dos aterros. Logo, cabem mais estudos referentes aos resíduos verdes, objetivando minimizar o volume do material e os problemas administrativos e operacionais dos aterros sanitários envolvidos com este tipo de resíduo (Lapertosa, 2006).

De modo geral, o tratamento dos ROs em locais apropriados é a melhor ação gerencial. Tal tratamento apresenta como principal vantagem a redução do volume de resíduo destinado ao aterro, o que corresponde a cerca de 50% do volume total de RSU, conseqüentemente, aumentando a vida útil dos aterros (Jardim, 1995; Monteiro e Zveibil, 2001); bem como, economizando no tratamento de seus efluentes e no controle dos gases.

Ademais, no tratamento dos ROs é produzido o composto orgânico, considerado um condicionador de solos, que pode ser destinado à recuperação de solos degradados e

contaminados, assim como para a agricultura com certa limitação (Kiehl, 1998). Contudo, as unidades de compostagem somente devem ser implantadas no GRSU após estudos técnicos e econômicos, verificando custo de instalação, benefícios ambientais, geração de emprego e renda, disponibilidade econômica-técnica-ambiental; além da área onde serão instaladas tais unidades, as quais podem ser nas proximidades (ou não) do aterro (Monteiro e Zveibil, 2001). De acordo com Pereira Neto (1990), também é necessário verificar o mercado para venda do composto e/ou subprodutos (por exemplo, serrapilheira, cavacos de madeira e outros).

Os rejeitos dos ROs que não podem ser tratados somados aos demais rejeitos da reciclagem e dos RSU são dispostos, por fim, no aterro sanitário. Nesta acomodação é exigido que os RS sejam somente depositados sobre terreno natural com uma camada protetora de geomembrana e confinados com material inerte (por exemplo, camada de terra), através de seu cobrimento sempre na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores (se for necessário). Somado a isso, este sistema deve possuir drenagem dos gases subsuperficiais e do percolato (ou chorume) gerados no processo de decomposição do material (Figura 3). Assim, o resíduo é tratado através de prensagem, confinamento em camadas de material inerte e drenagem dos produtos finais, os quais são tratados através da queima dos gases e coleta do chorume com tratamento em local apropriado (Monteiro e Zveibil, 2001). Tanto o chorume como os gases possuem tratamentos específicos, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública (os gases apresentam risco de explosão) (Jardim, 1995; Barros, 2000; Monteiro e Zveibil, 2001).

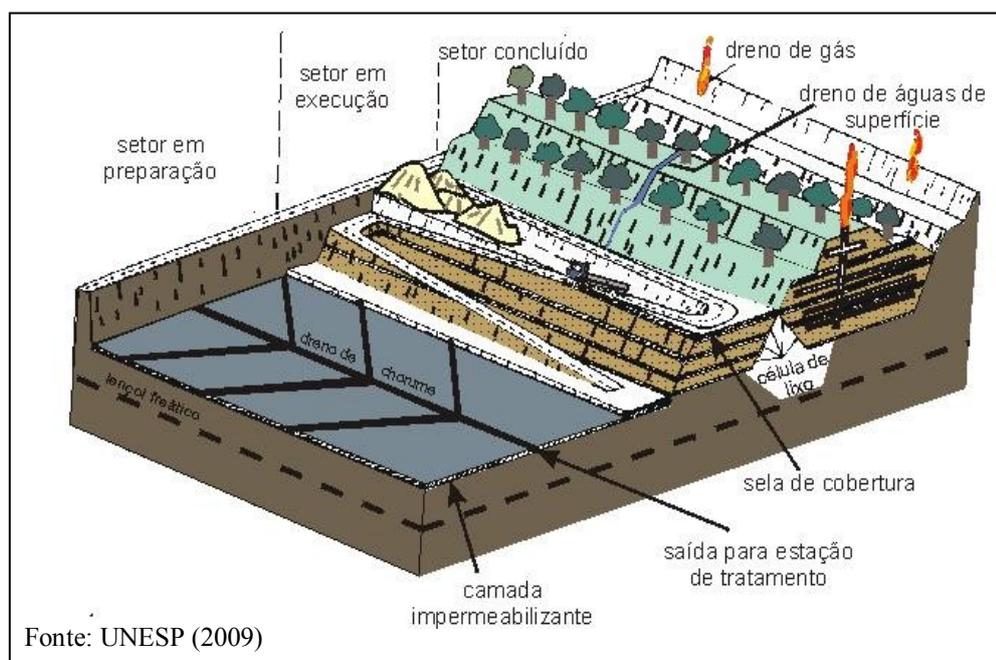


FIGURA 3: DESENHO ESQUEMÁTICO DE UM ATERRO SANITÁRIO

Ademais, existem normas operacionais específicas ¹³ para o funcionamento de um aterro sanitário que visam a evitar ou mitigar qualquer dano ao meio ambiente, à saúde e à segurança pública, como sistema de contenção de possíveis escorregamentos de taludes e das células, dreno de gases, bem como drenagem pluvial. Pois, na implantação de um aterro sanitário são gerados potenciais impactos ambientais decorrentes dos processos biogeoquímicos (D’Almeida & Vilhena, 2000), os quais devem ser controlados e monitorados.

Então dos resíduos aterrados, os mais impactantes são aqueles que contêm metais pesados. Contudo é a presença da matéria orgânica, de característica úmida, não inerte e com propriedade de biodegradabilidade e solubilidade, que propicia o aumento no volume dos gases e do chorume, através do processo natural de decomposição anaeróbica. Os gases carbônico e metano (conhecidos como biogás) são provenientes do metabolismo microbiano, os quais são drenados e podem fornecer energia quando da sua queima. O chorume é o produto da percolação dos líquidos e da água associado à lixiviação das moléculas orgânicas (composto por produtos intermediários, produtos de menor peso molecular e humatos) provenientes da decomposição da matéria orgânica. Seu volume também é acrescido pela entrada e percolação da chuva através da massa residual das células do aterro. Por fim, o chorume é drenado para fora do sistema de células para tratamento (Foresti et al., 1999).

Portanto, o emprego de aterro sanitário como destinação final dos resíduos sólidos urbanos apresenta vantagens e desvantagens quando comparado às outras tecnologias ou procedimentos existentes (como incineração, pirólise, solidificação, estabilização, outros) e quando comparado aos aterros controlados possui vários controles ambientais. Algumas vantagens do aterro sanitário são: recebe grande volume de RSU em uma área relativamente pequena; tem capacidade de receber grandes quantidades de diferentes tipos de lixo em um único local; minimiza os impactos ambientais drenando os gases e coletando o chorume; controla a proliferação de vetores; apresenta relativo baixo custo de implantação e operação; e outros. Já as desvantagens podem ser: sofre influência climática na sua operacionalidade; altera o escoamento superficial natural e suprime a cobertura vegetal do terreno; pode poluir o solo com óleos e graxas; desvaloriza os terrenos circunvizinhos; há manutenção constante dos mecanismos de drenagem e dos equipamentos envolvidos; gera chorume com material particulado e contaminado com metais pesados que pode contaminar o lençol freático e os cursos d’água caso os controles ambientais não estejam adequados; gera gases que emanam

¹³ A norma ABNT NBR 13896:1997 fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e populações vizinhas.

odores desagradáveis que se mau operacionalizado, possibilita a proliferação de vetores atraindo insetos, roedores, urubus e outros organismos, podendo provocar problema para a saúde urbana e para a aviação; necessidade de grandes áreas e de grandes volumes de material inerte para aterrar os resíduos; os custos com transporte dependem da proximidade aos centros produtores de resíduo e fornecedores de material inerte; e se comparado ao contínuo crescimento dos resíduos, ao longo do tempo, pode possuir uma vida útil pequena.

3.3 TRATAMENTO DOS ROs E O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Contrapondo-se à disposição dos ROs nas células dos aterros, Biddlestone e Gray (1991) e Pereira Neto (1990) confirmam que a compostagem é a melhor técnica para solucionar o problema dos ROs, apresentando-a como uma concepção de baixo custo quando comparado aos aterros sanitários e outros sistemas de tratamento. Além disso, Azevedo (1993) afirma que o processo de compostagem para os resíduos orgânicos seria um processo pautado por princípios sanitários, ecológicos e de preservação ambiental.

Geralmente, o tratamento final dos ROs, via compostagem, apresenta vantagens e desvantagens, mas para analisá-los o tratamento deve ser integrado ao contexto do gerenciamento de resíduos sólidos e não apenas a um contexto econômico-político. Para Monteiro e Zveibil (2001), quando se pensa na implantação de uma unidade de compostagem deve ser considerada a instalação, operação e manutenção desta. Deve ser observada a existência: de mercado consumidor para o composto orgânico; de um serviço de coleta seletiva com razoável eficiência, regularidade, separando os lixos orgânicos dos demais domiciliares; de uma área suficiente para o recebimento do volume de RO existente e seu processamento; de recursos financeiros para investimentos e melhoria do processo de tratamento; e de pessoal capacitado para adotar e fiscalizar a implantação da unidade, assim como, para operar, manter e controlar o processo produtivo.

Há alguns anos, o aterro sanitário de Belo Horizonte separou uma área para tratar os resíduos orgânicos e, neste momento, o sistema de limpeza urbana municipal promove a compostagem (em escala pequena) dos resíduos oriundos da manutenção das áreas verdes públicas (gerados nas praças, parques e canteiros verdes da cidade) em conjunto com os ROs das fontes geradoras como restaurantes, sacolões e feiras livres (SLU, 2009). Tal compostagem, portanto não é exclusivamente de RVs, nela são incluídos os ROs que, normalmente, contém resíduos indesejados como papel, plásticos diversos e tampinhas metálicas, tornando a triagem e a segregação do material uma etapa problemática do processo.

De acordo com a definição da norma ABNT NBR 13591:1996, compostagem é o “*processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuada por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.*” Para Golueke & Diaz (1990) e Biddlestone e Gray (1991) é um “*processo biológico de transformação do resíduo orgânico em produto final estável e humificado, de uso irrestrito na agricultura como condicionador e fertilizante do solo*”.

Há milênios, a matéria orgânica é vista como o principal fator de fertilidade do solo, pois na natureza a compostagem implica os vários ciclos biogeoquímicos, como o ciclo do C, N, P e S (Braga, 2005). Assim, a compostagem pode ser vista como um tratamento biológico dos restos de plantas e animais, sendo um processo antigo e utilizado no começo da agricultura. Os chineses a empregavam a milhares de anos como processo intermediário dos resíduos agrícolas e dejetos, para retorná-lo ao solo. Os primeiros agricultores procuravam terras ricas em matéria orgânica para os plantios (Morató et al, 1996), até que a Idade Média ficou conhecida como a idade decadente da agricultura pelo esgotamento dos solos, por perda de matéria orgânica, excesso de plantios e erosão do horizonte superficial do solo. Nos séculos XV e XVI, os agricultores, com o objetivo de aumentar a produtividade, introduziram na prática agrícola o uso de fertilizantes orgânicos como as farinhas de ossos, as cinzas e os calcários. Logo, até esse momento, o processo de compostagem era basicamente empilhar os resíduos orgânicos, por longo tempo, até atingir o grau suficiente de degradação, para depois aplicá-lo ao solo, sem nenhuma ou pouca interferência (controle) no processo biogeoquímico (Steintford et alii, 1986, Pereira Neto & Stentiford, 1989c).

Até 1842, prevalecia na agricultura a teoria humista ¹⁴ que privilegiava o uso de matéria orgânica como adubo a ser aplicado aos solos. Posteriormente, nasce a teoria mineralista, com a descoberta de que as plantas absorvem os nutrientes nas formas de radicais iônicos, por exemplo, nitrogênio amoniacal (NH_4^+) ou nítrico (NO_3^-); fósforo (como H_2PO_4^- ou $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$); e os cátions K, Ca, Mo, Na, Mg e outros. Em 1843, Bommer (EUA) elabora um processo com recirculação do líquido percolado na leira com o intuito de acelerar a decomposição dos

¹⁴ Para os antigos agricultores não era possível aumentar ou manter a fertilidade do solo sem incorporar restos vegetais e esterco animais. Os melhores resultados agrícolas eram obtidos quando a matéria orgânica aplicada estava bem decomposta e transformada em húmus, sendo este a alimentação das plantas. Dessa observação nasce a teoria humista que afirma que a fertilidade depende exclusivamente do teor de compostos orgânicos (húmus) no solo, pois com este na terra a planta encontraria todos os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento (Sousa et al, 2003).

diversos resíduos orgânicos, e após 15 dias, o material decomposto era utilizado nos solos. Processo este, atualmente, conhecido como Método Bommer (Pereira Neto, 1992a).

Em 1920, o fitopatologista inglês Albert Howard, sistematizou o processo tradicional da compostagem, denominado como Processo Indore, no qual eram montadas leiras com esterco e resíduos verdes ¹⁵ (palhas e folhas), que eram reviradas duas vezes ao longo de seis meses e atingiam altas temperaturas (Howard, 1938). De 1926 a 1941, tal processo foi investigado em relação à constituição do material das leiras utilizando estercos e misturas com restos de plantas diversas; e utilização de menores ciclos de reviramento e umedecimento da massa em decomposição, enfatizando a pesquisa nos fatores que influenciavam o processo (Kiehl, 1985). Enquanto isso, os pesquisadores europeus concentravam seus projetos em sistemas fechados, promovendo um controle mais rigoroso e de menor período de compostagem (Pereira Neto & Stentiford, 1989c). A partir de 1929 foram criados processos mecanizados como: o Beccari (Itália, 1922), um sistema fechado de silo e uso de bactérias anaeróbias seguida por aeróbias; o Itano (1928), um sistema mecanizado com cilindro; o Bordas (1938) adotou melhorias no processo Beccari eliminando o estágio anaeróbio com a introdução forçada de ar para dentro do silo de fermentação (Azevedo, 1993); no Frazer-Eweson (EUA, 1949) a matéria orgânica triturada era constantemente agitada em sentido vertical dentro de um digestor fechado aeróbio; no Hardy (EUA, 1949) era um digestor com um largo tanque circular com hélice perpendicular que aerava e agitava o material (Egreja Filho, 1993). Em 1954, era criado o processo o Dano (Dinamarca, 1954), o qual utilizava lixo doméstico que era separado e triturado, depois entrava em um cilindro aerado de baixa rotação com eixo ligeiramente inclinado com separadores magnéticos, em seguida o material era compostado em pilhas a céu aberto (Egreja Filho, 1993). O Dano II (1955), melhoria do primeiro processo, era um sistema fechado dentro de bioestabilizadores, onde a decomposição aeróbia da matéria orgânica do resíduo urbano era controlada e acelerada pelo controle dos fatores ambientais como temperatura, umidade e aeração.

Antes de 1960, já existiam vários sistemas comerciais dos processos fechados e mecanizados do tipo reator que enfatizavam a eficiência e aceleração do processo (Azevedo, 1993). Enquanto isso, o progresso da compostagem com leiras em pátios abertos cessou. A versão mais desenvolvida era o sistema Windrow, originária do processo Indore, o qual não promovia um controle eficiente dos parâmetros intervenientes no processo. Em 1970, ressurgiu

¹⁵ Resíduos Verdes são originários dos resíduos agrícolas e, atualmente, nos centros urbanos são os resíduos gerados na capina e poda de jardins, jardineiras, praças e pequenos parques. Tais resíduos são constituídos em sua maioria de restos de plantas, contudo podem possuir pequena proporção de rejeitos animais (estercos) (Pereira Neto & Stentiford, 1989c)

a compostagem como processo de tratamento para os resíduos domésticos e lodo de esgoto, motivada pela preocupação ambiental.

No Brasil, as pesquisas com compostagem foram iniciadas no Instituto Agrônomo de Campinas no intuito de trocar os adubos minerais importados pelos “estrumes nacionais” (como era chamado o adubo). O Instituto insistia no apoio à compostagem para produzir o composto à agricultura nacional (Kiehl, 1985). A partir de 1988, foram realizadas, também, diversas pesquisas com o lixo urbano e resíduos agrícolas em leiras aeradas na Universidade de Viçosa (Pereira Neto & Stentiford, 1989c). À medida que, no Departamento de Pesquisa Agrícola Beltsville, EUA, foram desenvolvidos experimentos com pilhas estáticas aeradas (isto é, por sistema de aeração forçada ¹⁶) como processo específico para o tratamento de lodo de esgoto, que operava sob certo controle de sucção de ar através de tubulação perfurada no centro da pilha e com introdução de lascas de madeiras para estruturar a pilha e balancear a relação Carbono/Nitrôgeno (35:1). Tal tratamento apresentou grande flexibilidade e viabilidade econômica (Epstein *et al.*, 1976; Pereira Neto, 1987). Daí, os sistemas de compostagem, dos próximos dez anos, sofreriam avanços com pesquisas que enfocavam: novas formas de aeração e controle, reações microbiológicas, ecossistema da leira e outros (Stentiford, 1986).

Egreja Filho (1993), estudando o sistema Dano da Unidade de Tratamento de Lixo de Belo Horizonte, revela que este apresentou o maior grau de contaminação do composto, quando comparado ao sistema de compostagem artesanal testado com aeração forçada. O produto final do tratamento do resíduo sólido urbano, através do sistema Dano, fica contaminado com metais pesados como Cd, Cu, Pb, Mn e Zn, que estão presentes em alguns RSU. Causas aparentes da contaminação foram: baixa eficiência na triagem para metais e a agressividade do sistema Dano, o qual na trituração e no revolvimento provoca contato íntimo da matéria orgânica com as fontes inorgânicas de metais como pilhas, tampinhas de garrafa, limalhas, lâmpadas, rejeitos metálicos, rejeitos eletrônicos e outros. Assim, o autor propõe que, para sanar a contaminação, devia ser melhorada a coleta seletiva dos resíduos na fonte, separando a matéria orgânica dos demais resíduos; bem como, devia ser aprimorada a triagem na usina. Este sistema Dano que tratava os RSUs foi desativado em 1995 e, em 2006, o tratamento passou a ser realizado via compostagem artesanal e exclusivamente com ROs, enquanto que os RSUs eram direcionados diretamente para as células do aterro.

¹⁶ A norma ABNT NBR 13591:1996 define como aeração forçada a “tecnologia que visa a introduzir ar na massa em compostagem, fornecida por equipamento de insuflação ou aspiração.”

Resumidamente, o tratamento da fração orgânica pode ocorrer em ambientes abertos (pátios) dispostos na forma de leiras; ou fechados, em um processo que ocorre dentro de reatores mecânicos como digestores, tanques, silos, cilindro metálico rotativo ou bioreatores (Barros, 2001; Azevedo, 1993). Sendo que os fechados são mais utilizados nas usinas de tratamento de lixo e lodo de esgoto (Steintiford et al, 1985; Steintiford, 1986). Kiehl (1998) e Pereira Neto (1989a) mencionam que a compostagem em ambiente aberto exige maior área para as leiras e para os corredores operacionais (para transporte e realocação dos materiais). Quanto ao tempo, se for um processo natural em ambiente aberto é considerado lento, em oposição aos tratamentos artificiais de ambientes fechados, os quais utilizam tecnologia de controle de temperatura e oxigenação, melhorando as condições de degradação. Contudo, para Azevedo (1993) e Pereira Neto (1987) os pátios abertos que utilizam injeção de ar nas leiras podem promover um aceleração do processo.

Todas essas pesquisas confirmaram que a compostagem é a decomposição do material orgânico na presença de oxigênio (processo aeróbico), onde o ambiente precisa propiciar condições físicas e químicas adequadas para a atividade metabólica dos microrganismos (Morató et al, 1996; Kiehl, 1998). A decomposição passa por várias etapas químicas e bioquímicas, onde os catabólitos liberados pelos microrganismos alteram o ambiente ao seu redor, e este novo ambiente afeta a ação e a meia-vida desses microrganismos. Normalmente, acontecem diversos fenômenos (dos processos bioquímicos e das interações microbianas), onde as populações microbianas apresentam-se sempre heterogêneas e, finalmente, é promovida a mineralização dos constituintes orgânicos, ou seja, ocorre a liberação dos íons minerais presentes nas moléculas orgânicas. Estes minerais libertos são assimilados pelas raízes das plantas ou ficam adsorvidos no complexo argilo-húmico ¹⁷ (Kiehl, 1985).

Kiehl (1998) menciona que a decomposição da matéria orgânica, via processo aeróbio, quando comparado ao processo anaeróbio, pode atingir a completa estabilização. Pois no processo anaeróbio, por exemplo, do lodo de esgoto e do material orgânico de várzeas e manguezais, o material por estar encharcado ou completamente imerso na água apresenta uma decomposição mais lenta e pode ficar incompleta, a não ser que seja aplicado um aquecimento artificial no processo para acelerá-lo. Ademais, apesar de não exigir os cuidados e controles

¹⁷ O complexo argilo-húmico é a parte ativa do solo, isto é, a porção solução:solo onde ficam a água, os nutrientes minerais e outros. Aqui ocorrem as trocas catiônicas entre as raízes e as partículas do solo como a argila. Enquanto a argila é o colóide inorgânico, o húmus é o colóide orgânico. O primeiro adsorve o segundo formando o complexo, isto é, a argila retém eletrostaticamente o húmus (Kiehl, 1985).

do processo aeróbio, geralmente, o anaeróbio é mais demorado e produz moléculas voláteis com mau odor como o ácido sulfídrico, os ácidos orgânicos e o mercaptano.

Golueke (1990) distingue o processo aeróbio da compostagem do processo de putrefação natural, mencionando que a compostagem deve ser realizada controlando a:

- ✎ aeração, enfatizando a presença de oxigênio e inibindo a formação de odor;
- ✎ temperatura, não deixando ultrapassar a temperatura *ótima*, monitorando a fase termófila, combinando a eliminação dos patógenos com a degradação de matéria orgânica;
- ✎ atividade microbiana, portanto ficando sujeita às vantagens e limitações peculiares de todo sistema biológico;
- ✎ composição química dos materiais orgânicos, bioestabilização e humificação; e
- ✎ maturação do produto final, obtendo elevado estágio de estabilização, adequado ao uso agrícola.

Por causa desta visão processual, a compostagem é definida como um processo biológico, aeróbio, controlado, desenvolvido por uma população mista de microrganismos, efetuada em duas fases distintas, a saber: 1ª termófila - com reações bioquímicas de oxidação mais intensa; e 2ª mesófila – de maturação, com a humificação do material gerando o composto orgânico ¹⁸ (ou húmus ou adubo) propriamente dito, que pode ser aplicado, posteriormente, ao solo para adubá-lo (Pereira Neto *et al*, 1989b).

Morató et al (1996) e Kiehl (1998) listam como fatores que afetam o processo de compostagem: a natureza do substrato (tipo de matéria orgânica), o tamanho das partículas, a temperatura, a oxigenação, a umidade e o pH. Kiehl (1998) e Pereira Neto & Stentiford (1989c) acrescentam a esta lista também a dimensão e forma das leiras ¹⁹, e a relação C/N do material constituído. Esses fatores estão tão intimamente ligados que, normalmente, é difícil

¹⁸ De acordo com a norma ABNT NBR 13591:1996, o composto é o “*produto final da compostagem. Termo genérico usado para designação do produto maturado (bioestabilizado, curado ou estabilizado), proveniente da biodigestão da fração orgânica biodegradável.*” Tal norma dispõe que o composto da compostagem é sinônimo de fertilizante orgânico composto ou composto orgânico, afirmando que o “*produto da compostagem que atende à legislação vigente.*” Todavia, o Decreto 86.955/1982, define como fertilizante orgânico os “*fertilizantes de origem vegetal ou animal contendo um ou mais nutrientes para as plantas*” e completa caracterizando “*nutriente como elemento essencial para o crescimento e produção dos vegetais*”, subdividindo em “*macronutrientes primários – N, P, e K, expressos nas formas de N, pentóxido de fósforo (P₂O₅) e óxido de potássio (K₂O); e os secundários – Ca, Mg, S; bem como os micronutrientes – B, Cl, Cu, Mo, Fe, Zn, Mn e Co.*” (ABNT, 2009; Decreto, 2008)

¹⁹ Conforme a norma ABNT NBR 13591:1996, leira é a “*forma de disposição de material em biodegradação, de seção transversal, triangular ou trapezoidal, contínua no sentido longitudinal*”.

fazer considerações individualizadas e desconectadas entre eles, pois o ambiente afeta a atividade dos microrganismos e eles afetam o ambiente circunvizinho. Além do que, uma comunidade microbiológica, por exemplo, as bactérias, afetam as comunidades de actinomicetos, fungos, protozoários, algas e outras bactérias, e vice-versa, existentes nas leiras. Essas interferências ocorrem quando se alteram pH, oxigenação, qualidade dos nutrientes, temperatura, umidade, catabólitos (alterando a qualidade iônica do ambiente), e outros. Estes são, portanto, fatores limitantes, pois como cada comunidade requer uma condição ambiental ótima para sua sobrevivência e atividade, é observada uma sucessão de microrganismos dominantes em cada fase do processo. Portanto esses fatores atuam no processo comprometendo-o de modo benéfico ou prejudicial. Também participarão do processo, de modo indireto, os insetos e suas larvas, anelídeos e muitos outros organismos. Por fim, o processo liberará os elementos químicos (N, P, K, Ca, Na, Mg, S, outros) imobilizados na forma orgânica, transformando-os à forma mineralizada, disponível para as plantas (Kiehl, 1985).

Então, no processo de compostagem aeróbio, ocorre primeiro a bioestabilização do resíduo orgânico, onde a massa da leira pode chegar até 70°C. Esta alta temperatura pode eliminar os microrganismos patogênicos existentes no RO, se mantida por um tempo, mas também pode diminuir a densidade populacional microbiana responsável pela decomposição. Na fase de Maturação, a massa sofre humificação e mineralização, onde a temperatura diminui gradativamente até a temperatura ambiente (Kiehl, 1998).

Assim, no tratamento do RO através da compostagem, o material orgânico é totalmente decomposto em um período de 3-4 meses e o processo consiste em manter as leiras, freqüentemente, reviradas, aeradas e umedecidas. Geralmente, o processo leva 60 a 90 dias para atingir a bioestabilização, e 90 a 120 dias para atingir a maturação (ou cura). Após aproximadamente 120 dias, tem-se o composto orgânico rico em nutrientes minerais e partículas agregadoras de solo, com boa capacidade de troca iônica, poder tamponante e poder quelante (Kiehl, 1998; Morató *et al*, 1996; Pereira Neto *et al*, 1992a). O produto final é, então, peneirado para retirar qualquer rejeito que possa existir e é liberado para usos agrícolas e paisagísticos.

Azevedo et al (2001) consideram que o produto final (composto orgânico ou húmus ou adubo) possui, além de valor nutritivo quanto aos teores de NPK, também valor referente à matéria orgânica contida nele, que proporciona ao solo onde é aplicado, propriedades e características que nenhum fertilizante mineral proporciona. Isso é explicado porque a matéria

orgânica original transforma-se em substâncias húmicas ²⁰, estabilizadas, que tem características e propriedades físico-químicas completamente diferentes do resíduo orgânico (Kiehl, 1985), pois o húmus apresenta alto teor de material coloidal com capacidade de melhorar a qualidade estrutural do solo (Epstein et al, 1976).

Normalmente, na massa da leira existem dois tipos de matéria orgânica: a não coloidal e a coloidal. A matéria orgânica “não coloidal” ainda não se decompôs e pode formar o húmus, sendo denominada de fração “não húmica”. É a principal fornecedora de nutrientes para as plantas, considerada um fertilizante orgânico. Já a matéria orgânica “coloidal” é uma substância, geralmente, escura, uniforme e de aspecto amorfo, rica de partículas coloidais, as quais não foram utilizadas na manutenção celular e nem foi volatilizada (Kiehl, 1985). Esta não está mais sujeita as decomposições intensas, pois se encontra humificada ou estabilizada. Sua função principal é agir sobre as propriedades físico-químicas do solo, onde o composto humificado e a argila agregam as partículas do solo por serem agentes cimentantes (Kiehl, 1985). Por isso é considerado um condicionador de solo e é aplicado na agricultura de modo geral, nos parques, jardins e projetos paisagísticos, em reflorestamento, na recuperação de solos degradados e no controle da erosão (Pereira Neto, 1990; Egreja Filho, 1993; Jardim, 1995). Egreja Filho (1993) menciona que o composto maturado, por ser um agente quelante, é atrativo para os íons metálicos, podendo então diminuir o risco de contaminação ambiental pelos metais pesados. Todavia, para que isso seja possível, as usinas de compostagem devem controlar a entrada dos contaminantes de metais pesados no tratamento. Estes cuidados também garantirão a qualidade do composto para sua aceitação e comercialização no mercado.

Concluindo, o tratamento dos ROs via compostagem (figura 4) apresenta as seguintes vantagens: é uma prática de reciclagem baseada no ciclo biogeoquímico da natureza, possibilitando a recuperação da matéria-prima com produção de composto orgânico, que contribui para a agricultura e a recuperação dos solos degradados; o volume total da massa é reduzido gradativamente pela evaporação da umidade da massa e pela biotransformação das moléculas orgânicas; o RO representa cerca de 50% do volume total de RSU, portanto este tratamento retira tal volume das células do aterro; evita a liberação do gás metano (intensificador do efeito estufa); apresenta uma economia significativa de energia; possui operação e manutenção de baixíssimo custo; necessita de mão-de-obra pouco especializada; os rejeitos do processo podem ser dispostos sem problema no aterro sanitário; e possíveis

²⁰ Waksman (1938) define húmus como “*um agregado complexo de substâncias amorfas, resultantes da atividade microbiológica da quebra de resíduos de origem animal e vegetal*”.

impactos ambientais são facilmente mitigados. As desvantagens são: necessidade de grandes áreas operacionais, contudo menor que a do aterro; necessita uma eficiente triagem dos resíduos para evitar a contaminação do produto final; e o consumo do composto é afetado pela flutuação do mercado (Biddlestone e Gray, 1991).



FIGURA 4: SISTEMA DE TRATAMENTO ATRAVÉS DA COMPOSTAGEM

Fonte: Foto tirada no pátio de compostagem do Horto/DAV (2009)

Por fim, comparando a compostagem²¹ com a biodegradação²², pode-se mencionar que:

- ✓ A decomposição é mais rápida quando o processo é aeróbico (Morató et al, 1996; Kiehl, 1998; Pereira Neto, 1987).
- ✓ Na compostagem ocorre uma redução do volume total da massa orgânica acima de 60%, enquanto que a redução do volume no aterro é menor que 50% (Pereira Neto, 1990).
- ✓ No aterro é liberada grande quantidade de chorume, rico em metais pesados, o qual é prejudicial para o ambiente (Jardim, 1995; Monteiro e Zveibil, 2001), contudo os gases

²¹ Processo biológico que ocorre ao ar livre e em presença de oxigênio (aerobicamente), produzindo gás carbônico e lixiviado rico em minerais e compostos húmicos. Dependendo do sistema utilizado no tratamento, o composto orgânico pode estar contaminado com metais pesados.

²² Processo biológico que ocorre dentro das células do aterro sanitário e em ausência de oxigênio (anaerobicamente), produzindo metano, gás carbônico e lixiviado rico em minerais, metais pesados, moléculas orgânicas e produtos intermediários da transformação bioquímica (Pereira Neto, 1989a; Tchobanoglous et al, 1993).

canalizados podem ser transformados em energia (Monteiro e Zveibil, 2001). Enquanto que, na compostagem a energia exotérmica liberada no processo é perdida para o ambiente (Kiehl, 1998) e os odores emanados não são tão intensos quanto os do aterro (Monteiro e Zveibil, 2001).

- ✓ Não há produção de composto orgânico nos aterros; e na compostagem, se for utilizado o sistema Dano, este pode estar contaminado com metais pesados por causa da mistura dos ROs com os contaminantes metálicos (Egreja Filho, 1993). Caso seja realizado a compostagem artesanal é necessário providenciar uma adequada coleta seletiva e triagem.

3.4 PARTICIPAÇÃO DAS UNIVERSIDADES NA PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Originada em 1990, a **Declaração de Talloires**, da qual a UFMG é signatária (Lapertosa, 2006), convoca universidades de todas as regiões do mundo que demonstrem interesse sobre a velocidade crescente da poluição, da degradação ambiental (inclusive a questão da produção de seus resíduos sólidos) e a depleção dos recursos naturais. Os signatários comprometeram-se a criar uma cultura institucional de sustentabilidade, encorajando ações ambientais. A partir de então, as universidades possuem um papel crucial na educação, investigação, formação de políticas e troca de informações necessárias à concretização dos objetivos da declaração, onde os líderes universitários devem garantir o apoio na mobilização dos recursos internos e externos, de forma que suas instituições respondam a este desafio urgente. Na **Declaração de Halifax**, de 1991, os representantes seniores da Associação Internacional das Universidades (IAU) e outros, juntaram-se com os presidentes das várias universidades distribuídas no mundo para discutir ações de como utilizar os recursos intelectuais da universidade para incentivar uma compreensão melhor por parte da sociedade dos perigos físicos, biológicos e sociais relacionados que o planeta Terra enfrenta. Em 1993, na **Declaração de Swansea** as Universidades participantes opinaram que as soluções aos problemas ambientais seriam eficazes se tivessem a participação de toda a sociedade na busca da sustentabilidade; enquanto que a **Declaração de Kyoto**, promovida pela Associação Internacional das Universidades (IAU), sublinham a dimensão ética da educação para o desenvolvimento sustentável, que deve, além de ensinar princípios, promover práticas igualmente sustentáveis. Em 1995, a **Declaração dos estudantes para um futuro sustentável**, organizada pela Comunidade

Ambiental de Desenvolvimento Educacional (CEED) ganhou respaldo no Reino Unido. Foi discutida a responsabilidade ambiental dos estudantes na tentativa particular de moldar uma declaração abrangendo ações mais adicionais. Nessa época, os participantes da conferência desenvolveram rotas para a ação, formando parcerias entre estudantes e as agendas ambientais institucionais e internacionais. Em 2000, como resultado do programa de trabalho da Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (CSD-UM) e antecipando a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (WSSD) foi realizado a **Parceria Global do Ensino Superior para o Desenvolvimento Sustentável (GHESP)** formada pela University Leaders for a Sustainable Future (ULSE - Universidade Líder para um Futuro Sustentável), Associação Internacional das Universidades (IAU) e UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura), onde foi elaborada a Declaração de Luneburg (2001), a instrução mais significativa para o desenvolvimento sustentável (Louette, 2007; Kraemer, 2009).

Para alcançar os objetivos e cumprir sua missão básica, as universidades foram e são pressionadas a desencadear todos os esforços para subscrever e implementar os dez princípios de ação abaixo definidos (Kraemer, 2009):

- ✎ compromisso institucional – as universidades devem demonstrar um compromisso real para com a teoria e a prática da proteção ambiental e do desenvolvimento sustentável no seio da comunidade acadêmica.
- ✎ ética ambiental – devem promover, entre os seus docentes, alunos e o público em geral, padrões de consumo sustentáveis e um estilo de vida ecológico, estimulando paralelamente programas que desenvolvam as capacidades do corpo docente para ensinar literatura ambiental.
- ✎ educação dos funcionários universitários – devem proporcionar educação, formação e encorajamento aos seus funcionários em matérias ambientais, para que eles possam prosseguir o seu trabalho de uma forma ambientalmente responsável.
- ✎ programas de educação ambiental – devem incorporar uma perspectiva ambiental em todo o seu trabalho e estabelecer programas de educação ambiental envolvendo docentes, pesquisadores e estudantes, seja qual for o seu campo de trabalho ou estudo.
- ✎ interdisciplinaridade – devem encorajar a educação interdisciplinar e colaborativa, e programas de investigação relativos ao desenvolvimento sustentável enquanto parte da missão central da instituição. Devem também procurar ultrapassar os instintos competitivos entre disciplinas e departamentos.

- ✎ disseminação do conhecimento – devem apoiar esforços para suprir as falhas na atual literatura disponível aos estudantes, profissionais, tomadores de decisão e público em geral, preparando material didático informativo, organizando leituras públicas e estabelecendo programas de formação. Devem também estar preparadas para participar em auditorias ambientais.
- ✎ redes de trabalho – devem promover redes interdisciplinares de peritos ambientais ao nível local, nacional, regional e internacional, com o objetivo de colaborar em projetos ambientais comuns de ensino e investigação. Para isto, a mobilidade de estudantes deve ser encorajada.
- ✎ parcerias – devem tomar a iniciativa de forjar parcerias com outros setores preocupados da sociedade, de modo, a desenhar e implementar abordagens, estratégias e planos de ação coordenados.
- ✎ programas de educação contínua – devem promover programas de educação ambiental sobre as problemáticas ambientais e para diferentes grupos-alvo, por exemplo: empresas, agências governamentais, organizações não-governamentais, meios de comunicação social, outros.
- ✎ transferência tecnológica – devem contribuir para programas educacionais concebidos para a transferência de tecnologias de educação e inovação, bem como, para métodos de gestão avançados.

Mais próximo das ações reais, Araújo (2004) comenta que a preocupação com a gestão de resíduos nas instituições acadêmicas, ocorre no fim de 1980 e início de 1990, quando surgem experiências com coleta seletiva e com o gerenciamento dos resíduos químicos e radioativos de serviços de saúde.

3.5 CAMPUS PAMPULHA: GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

3.5.1 CAMPUS PAMPULHA

O *campus* Pampulha localiza-se nas proximidades do Mineirão e da Lagoa da Pampulha, em Belo Horizonte, MG (Figura 5). Possui área total de 879,5 ha, dos quais 59 ha são construções onde circulam 50 mil pessoas em época de aula. Ali funcionam 19 unidades acadêmicas e três

(3) unidades especiais, construídas entre bosques, ruas e estacionamentos (UFMG, 2008b). Além disso, mantém um extenso espaço verde totalizando cerca de 143,2 ha, dos quais possui 19,7 ha de áreas verdes brutas (matas), 3,5 ha de aceiros, 50 ha de gramados e 28,8 mil m² de jardins e jardineiras nas unidades (DAV, 2009). Ademais, a Instituição mantém a área denominada Estação Ecológica, que ocupa 70 ha, como espaço verde bastante significativo e bem conservado, possuidora de fragmentos diversos de vegetação florestal e rica em biodiversidade florística e faunística, integrando, por isso, um patrimônio ambiental como uma das poucas reservas verde localizada dentro de um *campus* universitário. Do patrimônio verde da UFMG fazem parte o próprio *campus*, o Museu de História Natural e Jardim Botânico, e o Centro Esportivo Universitário (CEU). Deste modo, a UFMG investe na qualidade do meio ambiente, cuidando do paisagismo e da preservação da área verde dos seus *campi* e das Unidades isoladas (UFMG, 2008a).



FIGURA 5: LOCALIZAÇÃO DO CAMPUS PAMPULHA/UFMG – BELO HORIZONTE, MG.

De 2002 a 2006, a UFMG investiu R\$ 5,2 milhões na manutenção desse patrimônio verde, por meio do plantio de mudas, serviços de poda, coleta de sementes, tratamento dos resíduos verdes, dedetização e controle das pragas dos gramados e jardins dos *campi* Pampulha, Saúde e das Unidades isoladas (UFMG, 2008a). A própria Universidade mantém, ainda, um Horto Florestal, onde são produzidas mudas de mais de 270 espécies ornamentais e 150 arbóreas, usadas no paisagismo e na arborização de toda a UFMG (DAV, 2009). Esse investimento, essencial no trato com a natureza, fez com que o *campus* Pampulha, passasse a ser identificado como um dos mais bem cuidados e bonitos entre os *campi* das universidades do país (UFMG, 2008a) e ser classificado como possuidor da maior área verde da região da Pampulha. A DAV, conhecida como Horto, está situada nas coordenadas 19°51'40''S e 43°57'35''O (estrela vermelha, figura 5), onde é executada a compostagem de todo o resíduo verde (RV) do *Campus*. Exceto pela Estação Ecológica, a Divisão de Áreas Verdes (DAV) é responsável pela manutenção de todas as áreas e das ações de capina, poda, corte, rastelamento, plantio e roça (DAV, 2009). A DAV é uma das repartições que está subordinada ao Departamento de Planejamento Físico e Obras (DPFO), que compõem a Pró-Reitoria de Administração, e também está vinculada ao Departamento de Serviços Gerais, conforme a estrutura organizacional da Instituição.

3.5.2 HISTÓRICO

Na UFMG, na década de 90, os problemas relacionados com os resíduos sólidos começaram a ser identificados, e, em 1998, foi instituída a comissão de elaboração do Plano Diretor com o objetivo de nortear a política de uso e ocupação dos solos da Instituição, englobando o *campus* Pampulha, o *campus* Saúde, o Museu de História Natural e o Centro Esportivo Universitário (CEU). O documento mencionava a importância da preservação e função das áreas verdes, sem aprofundar no tema dos resíduos sólidos gerados dentro da UFMG. Posteriormente, foi proposta a elaboração de estudos e projetos complementares, para o tratamento de efluentes e descarte de resíduos sólidos, visando a adequação às legislações vigentes, sob a responsabilidade do Departamento de Planejamento Físico e Obras (DPFO) e com ajuda de pesquisadores (Lapertosa, 2006).

Entre 2001 e 2002, Guimarães (2003) realizou o levantamento de todos os resíduos gerados na Instituição, revelando sua diversidade, tanto nas diferentes atividades e unidades acadêmicas, quanto nos setores administrativos, a saber: resíduos perigosos como químicos, radioativos, biológicos; resíduos comuns como papel, plástico, vidro; e outros resíduos como

pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e resíduos verdes. O autor concluiu que era gerado um significativo volume e que deveriam ser elaborados planos de gerenciamento específicos para cada tipo de resíduo. Comentou, também, que a compostagem poderia ser um possível tratamento para os resíduos orgânicos, englobando tanto os verdes como os originados nos restaurantes e cantinas. Subseqüentemente, cria-se o Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos (GERESOL) e a Comissão Técnica de Resíduos (CTR) visando a formular as diretrizes básicas para o gerenciamento dos resíduos da Instituição. Assim, formula-se e implanta-se o Programa de Administração e Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PAGERS).

Em 2004, devido às condicionantes ambientais das obras da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) e da Escola de Engenharia no *Campus*, a Instituição é convocada a contribuir para o Programa de Gestão Ambiental da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, por meio da elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, os quais deveriam, prioritariamente, visar à redução da disposição final dos resíduos sólidos no aterro sanitário. Neste caso, o Programa de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) da UFMG originou-se de uma exigência legal e pré-requisito para a autorização das obras no *campus* Pampulha. Confirmando o fato legal de que a Instituição tem obrigação de destinar corretamente todos os resíduos gerados em todas as suas unidades e atividades (Lapertosa, 2006).

Assim, a Instituição, como grande geradora, responde à demanda normativa dos órgãos ambientais locais e, em seguida, institui o Programa de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) gerados na Instituição, englobando o Projeto de Destinação dos Resíduos Verdes (PDRV), administrado pelo Departamento de Serviços Gerais da UFMG (PGR/DSG/UFMG). O PGRS inclui vários planos de gestão específicos para cada unidade e para o *campus* como um todo, o que produziu vários estudos de caracterização e de quantificação de volume gerado em cada unidade acadêmica e nas unidades administrativas (Guimarães, 2003; DSG, 2009b). Várias ações constantes destes Planos também consideram a legislação de resíduos sólidos em vigor, a segurança do trabalho, a preservação ambiental e a preservação da saúde; assim como, procuram atender aos dogmas do desenvolvimento sustentável, da responsabilidade socioambiental ²³, da educação ambiental e da coleta seletiva solidária, respondendo às pressões da sociedade e do poder público (DSG, 2009b).

²³ Responsabilidade Socioambiental é, de modo geral, preservar o meio ambiente, ter valores sociais ligados ao desenvolvimento sustentável e preocupar-se com a qualidade de vida do seu público. É ter um compromisso moral para com a sociedade e para com o meio ambiente. É ter responsabilidade corporativa, isto é, ser exemplo

3.5.3 PROJETO DE DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS VERDES (PDRV)

O PDRV vem sendo realizado através da parceria do DSG/ DEMAI, que é o administrador, da Divisão de Áreas Verdes (DAV/DPFO), o executor, e do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia (DESA/EE), a parte acadêmica. Projetos de pesquisa e extensão do Programa de Pós-Graduação do DESA vêm sendo desenvolvidos com a produção de trabalhos acadêmicos voltados para a gestão, disposição final e tratamento dos resíduos verdes (RVs), bem como, de todos os resíduos sólidos da Instituição, gerando dados quantitativos e qualitativos, assim como diagnósticos e elaboração de planos de ação, com o objetivo de proporcionar a mais adequada gestão para todos os resíduos.

De 2004 a 2006, Lapertosa (2006) direcionou o estudo para a problemática dos resíduos verdes, orientada pelos princípios da Agenda 21. Visava elaborar o plano de gerenciamento dos resíduos verdes da UFMG, portanto fez uma ampla revisão sobre o assunto compostagem e qualidade do composto, bem como: diagnosticou os resíduos verdes do *campus* Pampulha, do *campus* Saúde e do Museu de História Natural; inventariou a geração dos RVs nas diversas unidades acadêmicas e demais setores e, posteriormente, propôs uma destinação adequada para cada unidade. Somado a isso, avaliou os aspectos operacionais de coleta, transporte, armazenamento e destinação final destes resíduos, no intuito de apresentar sugestões ambientalmente adequadas e viáveis para a Instituição; sugeriu ações voltadas para o manejo e o tratamento, visando à redução dos custos operacionais e priorizando a reciclagem, estabelecendo as diretrizes básicas para o gerenciamento; implantou experimentalmente a compostagem, monitorando algumas leiras para analisar a composição do material e os tratamentos diferenciados, acompanhando temperatura e umidade; e analisou pH, grau de humificação e relação C/N do composto orgânico; promoveu o levantamento de dados qualitativos dos RV, avaliando o tempo gasto nas atividades de manutenção, quantidade gerada e tipologia dos RV; calculou a taxa de produção e o peso específico (Kg/m^3) de material fino; elaborou um balanço de massa para obter o potencial de reciclagem/compostagem do RV total; e calculou a produção total de rejeitos da compostagem.

Com todos esses dados identificou medidas e mecanismos que nortearam a elaboração do plano de gerenciamento dos resíduos verdes do *campus* Pampulha, parte integrante do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Especiais da UFMG. Também concluiu que

para seus funcionários, docentes e discentes, e assim dar visibilidade a responsabilidade socioambiental (Louette, 2007).

a implantação da compostagem seria um campo produtivo e gerador de conhecimento, considerando como processo viável para o tratamento dos RV e produzindo um composto orgânico com significativo valor ecológico e econômico, pois retornaria às áreas verdes do *campus* como condicionador do solo e substrato nutricional para gramados e jardins. Contudo para que a compostagem obtivesse sucesso deveria ter um controle operacional adequado e demandaria: capacitação de mão-de-obra, estabelecimento de procedimentos operacionais, equipamentos apropriado, e outros. Assim, o plano de gestão dos RV, sem noção das dificuldades administrativas e operacionais a serem enfrentadas, iniciou o tratamento dos resíduos sólidos verdes (Lapertosa, 2006). Deste então, os RVs vêm sendo tratados, reduzindo o volume total de RV enviados para disposição final no aterro sanitário de Belo Horizonte, consequentemente contribuindo para o aumento de sua vida útil e com o poder público municipal.

Em 2009, todos os esforços e os estudos puderam ser observados “*in situ*”, pois o *campus* Pampulha possuía a compostagem, além dos planos e programas efetivos de gerenciamento de seus diversos resíduos sólidos. De modo geral, as ações implantadas dentro da Instituição são: coleta seletiva, educação ambiental, gestão de resíduos químicos, gestão de resíduos de serviço de saúde, aquisição de equipamentos tais como lixeiras, contentores e outros (DSG, 2009b). Os resíduos comuns recicláveis e os RV são contemplados nos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Especiais (PGRSE) e a gestão dos resíduos dos serviços de saúde são contemplados nos Planos de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) em parceria com as unidades da UFMG geradoras deste tipo de resíduo. No caso dos resíduos comuns recicláveis existem várias ações voltadas para a coleta seletiva solidária, com o intuito de maximizar a reciclagem, onde o PGRSE valoriza programas de reciclagem, reutilização e responsabilidade civil frente a sua produção de resíduos sólidos diversos, fazendo parcerias com outras instituições e empresas que atuam ambientalmente, como por exemplo, Saniplan, Pró-Ambiental, Recitec, Serquip, Essencis, Ecologic, Recóleo, Gerdau, LWART, Alquimisa, COPASA, COMARPE e PBH, onde todas são possuidoras de certificados ambientais e licenciamento para trabalhar com os resíduos específicos de suas áreas de atuação (DSG, 2009b). Além disso, é reconhecido que a Instituição, em suas atividades diárias, é geradora de um grande volume e variedade de resíduos sólidos. O PGRSS é voltado para as unidades de Saúde e compõe os resíduos de laboratórios, farmacêuticos e hospitalares, os quais são classificados como perigosos e contaminantes. Ambos, PGRSS e PGRSE, foram protocolados junto à Superintendência de Limpeza Urbana

do município de Belo Horizonte (SLU) e, além disso, o PGRSS foi também protocolado na Vigilância Sanitária Municipal para análise e aprovação (DSG, 2009a).

Em 2008, de acordo com a fatura da Empresa Pró-Ambiental, contratada pelo DSG, foram coletados no *campus* Pampulha um total de 12 t (peso bruto) de resíduos químicos, enquanto que os resíduos de serviço de saúde, gerados em algumas unidades, foram aproximadamente de 135 m³, tendo sua disposição final diferenciada conforme legislação em vigor. Ademais, de 2004 a 2009 foram recolhidas 80.025 lâmpadas fluorescentes pela empresa especializada Recitec para descontaminação e disposição final. No período de 17/11/2008 a 28/11/2008 com a realização do levantamento de volume de resíduos gerado no *campus* Pampulha, pela SLU e pelo Programa de Gestão de Resíduos Sólidos do DSG, foi identificada uma geração mensal de 785 m³ de resíduos comuns dentro do *campus*, os quais são recolhidos pela SLU e encaminhados ao aterro sanitário (DSG, 2009b).

No caso dos resíduos verdes, após os vários estudos para conhecer seus impactos e as possibilidades de tratamento, foi iniciado o processo de compostagem obtendo como resultado um duplo ganho: garante uma destinação mais “nobre” a esses resíduos, e o produto final é utilizado pela DAV em adubação dentro do próprio *campus* com significativo ganho econômico para a UFMG (DAV, 2009).

Deste modo, a UFMG, elaborando os Planos de Gerenciamento de RS, vem contribuindo para a prática da ética ambiental perante a sociedade, em concordância com os princípios definidos na Carta Copernicus²⁴ e subsequentes declarações universitárias (Araújo, 2004); vem adotando nos planos de gerenciamento de resíduo, a minimização da geração e o tratamento mais adequado para cada tipo (Lapertosa, 2006). E mais, com a implantação da compostagem, a UFMG mostra que a responsabilidade socioambiental é tão importante quanto sua função científica e docente, demonstrando que é difícil discordar da importância de ações desenvolvidas em prol da sociedade e do meio ambiente.

Lapertosa (2006) conclui que os resíduos gerados das atividades de manutenção dos espaços verdes, não recebem atenção necessária nos atuais programas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, e, geralmente, tais resíduos nem são mencionados. Acredita que os gestores públicos (responsáveis pelos espaços urbanos verdes) não notam que a manutenção destes espaços gera significativo volume de resíduo verde (RV), sendo disposto inapropriadamente nos aterros e inexistindo um gerenciamento adequado. Na UFMG, a preocupação com a

²⁴ A Carta Copernicus é a Carta Patente da Universidade para o Desenvolvimento Sustentável que define os princípios das ações a serem adotadas pelas universidades rumo ao desenvolvimento sustentável (Kraemer, 2009).

gestão das áreas verdes se mistura com a preocupação da gestão dos resíduos verdes, enfatizando questões de aspecto estético com o objetivo de manter a harmonia paisagística, sem a preocupação de que a manutenção destes espaços produzia um passivo ambiental propiciado pela grande geração de resíduos.

Normalmente, as empresas e instituições públicas têm alguns problemas para processar os ROs (Pereira Neto, 1990; Jardim, 1995; Braga, 2005). Antes de 2004, todos os RV do *campus* Pampulha tinham uma destinação inadequada, pois eram queimados ou deixados no solo no local da manutenção, desconsiderando assim as exigências legais ambientais. Tais ações contribuíam para a poluição atmosférica ou para a proliferação de vetores, perigo de auto-combustão e impacto visual negativo para o *campus*. Entre 2005 e 2006, no primeiro momento da instalação do tratamento, a compostagem era insignificante e tratava apenas os resíduos finos (grama e folhas), contudo era necessário tratar outros tipos de RV e aumentar o volume de resíduo tratado.

Até 2005, a compostagem não era controlada operacionalmente e a decomposição da leira com grama resultava em um material agregado que dificultava sua reutilização. Neste ano, a manutenção das áreas verdes do *campus* Pampulha gerou cerca de 6.000 m³ de RV, os quais tornavam-se um problema ambiental quando destinados ao aterro sanitário do município, portanto era de fundamental importância seu gerenciamento. Por isso, foi necessário adotar instrumentos que permitissem o gerenciamento adequado destes resíduos. Lapertosa (2006) observou que a produção do RV era contínua no tempo, acompanhando a sazonalidade e as características ecológicas das plantas (decídua, semidecídua, perene). Notou que na época de chuva ocorria aumento dos resíduos finos, predominando a grama; enquanto que na estiagem, os resíduos de folhas predominavam por causa das características ecológicas dos indivíduos arbóreos. Concluiu que a manutenção constante das áreas verdes possibilitaria um equilíbrio na geração do RV anualmente, com tendência a estabilizar em um patamar considerado inerente à atividade de manutenção destes espaços.

Contudo, até 2009, os recursos financeiros e logísticos (mão-de-obra, equipamento, espaço para o pátio, outros) do DAV eram limitados. A grande quantidade de folhas era armazenada próxima a Faculdade de Educação (FAE) e no CEU, onde sofriam decomposição natural sem controle. Após algum tempo, 50% do material era peneirado e utilizado como composto orgânico, 49% do material mais grosso era misturado na terra como substrato, e 1% era considerado rejeito e encaminhado para o aterro. A melhoria do tratamento dependia de uma equipe treinada para controlar o processo; da aquisição de equipamentos que reduzissem o

volume dos resíduos brutos e galhadas; bem como dependia de um espaço, no qual pudesse ser adequadamente armazenados e tratados os resíduos verdes (Lapertosa, 2006).

Apesar de Jardim (1995), Bidone (1999), Barros (2000), Monteiro e Zveibil (2001) e Braga (2005) mencionarem a importância da redução na geração do resíduo, no caso dos resíduos verdes é impossível que isso ocorra, pois se trata de seres vivos em constante crescimento e reprodução, consequentemente a ênfase no gerenciamento dos RVs deve ser voltada para a melhoria do tratamento. Além disso, os espaços verdes recebem manutenção constante, não só pela taxa de crescimento dos indivíduos florísticos, como pela conservação da estética da paisagem local. A manutenção sempre envolve intervenções como: poda e supressão de árvores, capina, roçado, rastelamento de folhas, corte de gramado, reforma de jardins (substituição de indivíduos florais) e outros, o que gera quantidades e composições de resíduos verdes dependentes das intervenções operacionais, da tipologia da cobertura vegetal e da sazonalidade. Por estes motivos Lapertosa (2006) classifica os RVs conforme sua tipologia e origem, a saber:

- material fino, composto de gramas e folhas, originados da capina, corte e rastelamento;
- material grosso, composto de material lenhoso como galhadas (de diâmetro maior que 2cm) e lenha, originados da poda arbórea. A produção dos resíduos grossos, como lenha e galhadas (maiores que 2 cm), são influenciados por ventanias fortes, chuvas torrenciais, mau estado fitossanitário (doentes), morte do indivíduo e risco de queda, como também por conflitos de localização com construções e ampliações (DAV, 2009); e
- material bruto, composto por frutos, folhagens, ramos e galhadas finas (diâmetro menor que 2 cm), raízes com terra, ervas daninhas, e outros, originados da reforma de jardins, da capina e roçado dos aceiros (ou caminhos corta-fogo) e áreas brutas (fragmentos florísticos). Nas áreas brutas, os resíduos são largados no local da manutenção para proteção do solo ou decomposição no próprio local; enquanto que na atividade de reforma de jardins, com a substituição de mudas, o grande volume de RV gerado é direcionado para o aterro, por possuir terra e pedras, material que não pode ser triturado.

Com essas informações Lapertosa (2006) elabora o ciclo de vida dos RV do *campus* Pampulha (Figura 6), reconhece a necessidade de um plano de gerenciamento amplo, que envolva ações operacionais, financeiras e de planejamento; e sistematiza as necessidades dos recursos produtivos para desenvolver e gerir o tratamento dos resíduos verdes, em cada fase do processo.

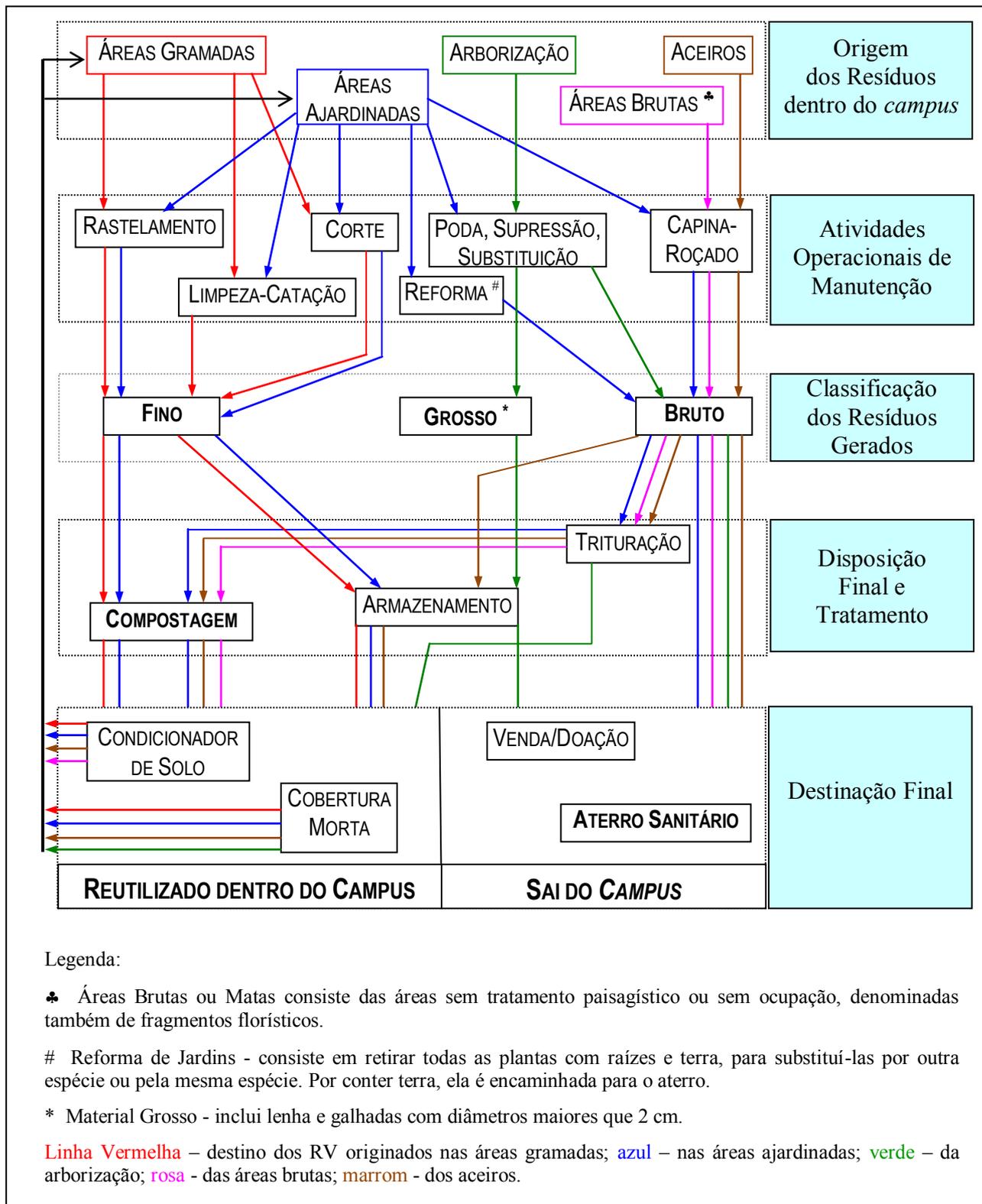


FIGURA 6: CICLO DE VIDA DOS RESÍDUOS VERDES NO CAMPUS PAMPULHA, DESDE A GERAÇÃO ATÉ A DESTINAÇÃO FINAL

Fonte: Adaptado de Lapertosa (2006)

Como em qualquer gerenciamento de resíduo sólido apresentado por Barros (2000), Monteiro e Zveibil (2001) e Braga (2005), a gestão dos resíduos verdes também envolve as etapas operacionais de coleta, armazenamento, transporte, triagem, tratamento e disposição final como pode ser observado no organograma abaixo (Figura 7) e; como executor desta gestão, a DAV é responsável por todas estas etapas operacionais. A coleta ocorre quando das atividades diretas (roça, capina, poda) da manutenção das áreas verdes e o transporte é promovido por dois caminhões de capacidade 8m³ e 16m³, os quais levam o RV da fonte geradora para área de armazenamento no Horto ou na FAE ou outros locais (DAV, 2009).

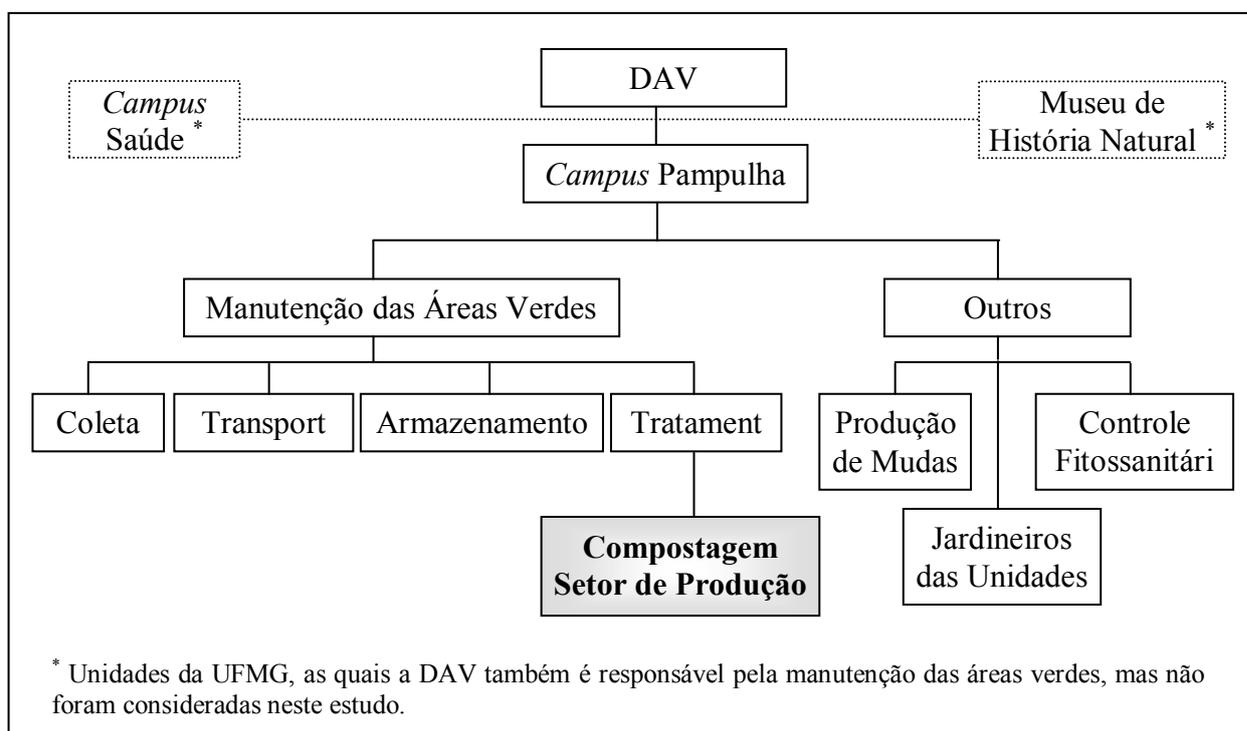


FIGURA 7: ORGANOGAMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS VERDES NO *CAMPUS PAMPULHA*.

Em relação à triagem, a compostagem do *Campus* não tem problemas, conforme é citado por pesquisadores, pois não há necessidade de segregar e triar o material que é constituído somente por folhas, sementes, galhos, grama e bambus, e poucas vezes são encontradas pedras e raramente vidros, papel e tampinhas plásticas. A compostagem é realizada com 100% de resíduos, exclusivamente, verdes, isto é, oriundo somente dos restos de plantas provenientes da manutenção das áreas verdes do *campus*. Em relação a quaisquer materiais

inertes presente na coleta do material, estes são considerados insignificantes os cuidados com a segregação (Lapertosa, 2006).

De 2004 a 2007, os RV eram armazenados em vários locais dentro do *campus* - DAV, FAE, atrás da FUNDEP, Música, Estação Ecológica, CEU, outros - e ocupavam considerável espaço (DAV, 2009), visto que *in natura* ocupam 4 a 5 vezes mais espaço do que o material triturado e disposto na compostagem (Pereira Neto, 1996). O RV que passa pelo processo de compostagem controlado, ou é somente armazenado passando por decomposição natural, pode sofrer uma redução de volume de até 78% (Lapertosa, 2006). Na compostagem controlada do *Campus* o volume, geralmente, é reduzido na proporção de 4 RV gerado para 1 compostado (DAV, 2009). Deste modo, foi verificado que as etapas de coleta, transporte e triagem dos RVs eram satisfatórias, contudo o armazenamento e o tratamento, considerando o espaço e o conhecimento do processo, eram insatisfatórios criando um gargalo no gerenciamento (Lapertosa, 2006). O Índice de Reciclagem dos RVs do *campus* Pampulha, criado por Lapertosa (2006), apresentou, para o ano de 2005, o valor de 0,41 para 100% de tratamento dos resíduos finos. Valor considerado irrisório e longe de ser o valor ideal de 1, portanto devendo ser adotadas medidas operacionais mais adequadas.

Em 2007, o problema de armazenamento foi parcialmente minimizado com a compra de um triturador, o qual também favoreceu o processo de compostagem. A trituração da galhada (materiais celulósicos medianos) visava agilizar e aproveitar mais material no processo, pois a galhada, antes desta data, era toda destinada ao aterro de Belo Horizonte. Assim, com o triturador foi possível diminuir o espaço de armazenamento e aproveitar melhor o material bruto na compostagem, significando uma queda de 53% de volume de RV enviados para o aterro sanitário (DAV, 2009).

Enquanto que Lapertosa (2006) adotou o processo de compostagem do tipo Windrow, onde os resíduos são dispostos em leiras pequenas, de forma prismática, em um pátio a céu aberto, com controle dos fatores que influenciam a decomposição (Figura 8).

Todavia, em 2008, surgia novamente a necessidade de ampliar o pátio de compostagem para adequar o volume crescente de resíduos verdes e orgânicos, gerados no *campus* Pampulha. Assim, o estudo atual ampliou a procura de área para a compostagem para todo o *campus*, como será demonstrado abaixo.



FIGURA 8: PROCESSO DE COMPOSTAGEM DO TIPO WINDROW.

Fonte: Foto tirada no pátio de compostagem da DAV em 2009.

3.6 MÉTODOS ECONOMÉTRICO E LOCACIONAL

É comum, quando se obtém as informações em nível geográfico-espacial, entender que as necessidades e os interesses interpessoais e políticos, dentro de uma comunidade complexa como a UFMG, necessariamente não coincidem. Tigre (2006) afirma que as estratégias e ações realizadas em diferentes áreas de uma empresa ou instituição podem produzir conflitos com outras instâncias organizacionais. As empresas muito hierarquizadas são justamente as que sofrem as maiores dificuldades em administrar os conflitos entre as diferentes áreas e entre diferentes interesses. Tal situação piora, quando a instituição é pública e os interesses políticos são incompatíveis com os interesses administrativos-operacionais. Normalmente, a abordagem locacional tenta entender a realidade local como uma totalidade, isto é, como processo global resultante da interação de esferas ambientais e antrópicas; e que deve ser desdobrada ou parcelada em elementos constituintes, para depois voltar a reintegrá-los num todo compreensivo e significativo, planejado e estruturado. Conseqüentemente, para amenizar os conflitos deve-se observar as variáveis físicas, ambientais e operacionais, além das sócio-políticas (Braga et al, 1997; Sesso Filho et al, 2006).

Assim, o planejamento pode ser focado em um planejamento pontual, por exemplo, planejamento da produção ou das vendas ou de marketing; ou pode ser mais amplo e além da empresa, como por exemplo, um planejamento regional, focando regiões – local, municipal até ao nível de um território nacional (Simões, 2005). Perloff (1977) menciona que o

planejamento regional se relaciona com a “ordenação” das atividades e facilidades no espaço, numa escala maior do que uma comunidade e menor do que uma nação. Esse planejamento deve lidar com uma classificação das regiões, as quais são subsistemas de um todo maior e que, como este, modificam tanto a sua estrutura interna quanto suas relações externas, ao longo do tempo. Esse tipo de planejamento explica os objetivos dos meios destinados a influenciar o comportamento, particularmente as decisões de localização, de forma a aumentar as probabilidades de desenvolvimento, em direções desejadas, nas áreas homogêneas selecionadas (Simões, 2005).

As etapas do planejamento envolvem: o estabelecimento de objetivos, a escolha entre os meios alternativos (ou projetos sistêmicos) para a consecução dos objetivos, sob as restrições existentes; e a avaliação dos resultados obtidos (em termos de ganhos substantivos e políticos). Geralmente, o planejamento possui dois aspectos: técnico e político. Do ponto de vista técnico, os elementos-chaves do processo envolvem informação e análise, caracterização das regiões, de uma parte do planejamento e da programação e, por fim, a fase operacional. O planejador técnico pode sugerir objetivos variados ou que possuam um maior significado operacional. Ao oferecer alternativas, ele pode simplesmente sugerir políticas não atrativas; outras vezes, a alternativa técnica preferida se converte, politicamente, na escolha natural. Enquanto que na maioria dos planejamentos políticos, os interesses locais são defendidos pela representação social.

Assim, para planejar é necessário definir, conjuntamente, as regiões e os objetivos do planejamento. A designação das regiões tende a expressar as variáveis importantes aos objetivos, para os quais o planejamento é empreendido. Posteriormente, a fase de análise de informações deve cobrir a área total (nação ou estado ou município). Isto é importante para compreender as características individuais das atividades ou regiões, sendo estas simplesmente as variáveis através das quais se registra a totalidade, e cada uma representa uma maneira conveniente de descrever os subsistemas em questão. As relações de todos eles, entre si mesmos, são importantes, assim como o são as relações de cada um com o todo. Naturalmente, outras considerações, além das operacionais, devem figurar na escolha de regiões (Perloff, 1977; Haddad, 1989; Simões, 2005). Ademais, para a fase de análise das informações deve-se escolher a metodologia mais apropriada para cada caso, e como refere-se a escolha de um local, deve ser utilizada, de forma simplificada, as teorias da econometria e do método locacional (North, 1977; Abramo, 2001; Póvoa e Andrade, 2006).

A teoria da localização é muito explorada na geografia e na economia. Abramo (2001) menciona que Von Thunen foi o primeiro a tratar as escolhas de localização ou “teoria da utilização dos terrenos”, baseando-se na teoria de renda fundiária. Tal pesquisador cria um sistema de hipóteses, formulando um quadro de escolhas individuais que produz uma “ordem espacial thuneniana”. Posteriormente e utilizando essa teoria da localização, foram criados vários modelos econômicos, como de Muth, Wingo, Alonso, Salvo, Bueckner e Zoller, para explicar as escolhas de localização domiciliar urbana. Também Richardson e Isard a utilizaram nos estudos voltados para a ciência econômica regional. Alonso, por exemplo, desloca o discurso da geografia econômica para a economia urbana, campo novo da economia neoclássica, isto é, a interpretação da distribuição geográfica dos agentes no espaço seria o resultado agregado de um conjunto de decisões estritamente individuais, cujo fim único seria maximizar uma função de utilidade (para as famílias) ou de lucro (para as empresas e agricultores). Abramo (2001) completa, citando que os tratamentos das escolhas de localização domiciliar urbana são baseados no modelo de Alonso, vinculado à teoria da utilização dos terrenos (ou escolha de localização) e em conjunto com a teoria da renda fundiária.

North (1977) comenta que para determinar uma área de mercado para cada indústria, e de maneira mais precisa do que se pode fazer por uma classificação a priori, o melhor é empregar o “quociente de localização” desenvolvido por Hildebrand e Mace; assim, ele compara a concentração de emprego de uma determinada indústria em uma área (economia objeto) com outra área (economia de referência). Cita também que o resultado pode variar entre 0 e 1, sendo equivalente de uma fração, onde o numerador era o emprego em uma dada indústria da economia-objeto em relação ao emprego total da economia-objeto; e o denominador era o emprego em uma dada indústria da economia de referência, relativo ao emprego total da economia de referência. Conclui que por causa das vantagens locacionais ($QL \geq 1$) algumas regiões desenvolveriam uma base produtiva.

Para Vervier (1981) os modelos descritivos na economia têm como principal objetivo explicar o funcionamento dos diversos mercados, explicitando de maneira mais completa possível suas funções constitutivas. Toma-se emprestado os modelos e funções econométricos ligados a estimação para tentar descrever a sistemática adotada nos estudos da economia aplicada. O mesmo autor afirma que a “econometria aplicada” emprega no estudo dos eventos econômicos o rigor matemático e muito dos elementos de cálculo matricial, definindo matriz como uma tabela de elementos matemáticos simples (escalares) devidamente ordenados em linhas e colunas, onde se tem:

$$A = \{a_{ij}\}, \quad \text{onde: } a = \text{escalar}; \quad i = 1 \dots I \text{ linhas}; \quad j = 1 \dots J \text{ columnas.}$$

Vervier (1981) utiliza nas suas análises uma série de regressões lineares simples, para explicar as características, o valor de importância de cada variável e os elementos suscetíveis de influenciar o objeto. Deste modo, a função econômica torna-se uma equação onde um fenômeno ou variável é explicado por vários outros fenômenos sugeridos, por uma determinada teoria. Por exemplo, em qualquer tipo de mercado, a função de procura vincula-se a uma função de oferta através de uma condição de equilíbrio de mercado.

Sesso Filho et al (2006) explicam as interações cooperativas e o efeito multiplicador da produção setorial entre as grandes regiões do Brasil através da metodologia de matriz e do quociente locacional, para estimar os sistemas inter-regionais. Acreditam que os resultados identifiquem o nível de dependência das regiões entre elas e o restante do país. Enquanto que, Póvoa e Andrade (2006) verificam a distribuição geográfica dos médicos no Brasil, a partir de um modelo de escolha locacional, o qual foi estimado com base no empilhamento de dados transversais e no modelo Probit de escolha binária, que é uma análise econométrica.

Para Sousa (2002), o método “quociente locacional” constitui uma técnica bastante empregada em Economia Regional, em um contexto geral, quando se deseja obter uma primeira aproximação do valor de determinadas variáveis para uma região qualquer, a partir do valor das mesmas variáveis obtidas por dados censitários em nível nacional. O quociente locacional simples pode ser visto como uma medida da habilidade da indústria regional i para atender à demanda final da região. Se o valor do quociente for menor do que um, a indústria i é menos concentrada na região do que em nível nacional. Se for maior do que um, a indústria i é mais concentrada na região do que em nível nacional. O autor, para exemplo, utilizou essa técnica supondo que a economia da região i mantém a mesma estrutura da economia nacional em relação à indústria i . Tal abordagem, também, estimou os sistemas inter-regionais utilizando dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Neste caso, o método do quociente locacional consistiu em comparar a proporção do produto total da região R que é devida ao setor i com a proporção do produto total nacional advindo do setor i em nível nacional. Sousa (2002) recomenda separar os dados do Censo em grupos homogêneos através de procedimento de grupamento; e para facilitar a análise dos resultados, os setores devem ser agrupados de acordo com as suas características, como por exemplo: grupo 1 - formado por setores cujo destino da produção é os consumidores finais; grupo 2 - formado por setores composto por fornecedores de insumos; e grupo 3 - formado por setores

com maior intensidade de tecnologia. Depois, o autor elabora as interações segundo as interferências conjuntas dos fatores dos grupos na localização da atividade. Logo, algumas combinações formam um conjunto de interações utilizadas na especificação econométrica. Deste modo, é crucial que as tais especificações possam explicar as diferenças entre os grupos. Por isso, o autor sugere um modelo bem genérico cuja estrutura da especificação econométrica é de dados cruzados.

Já Lemos et al (1995) propõem, para estudos de qualidade de vida urbana, uma metodologia através da criação de índices, componentes e indicadores, os quais permitirão mensurar a qualidade de determinada região. A dificuldade desta metodologia está no fato dos predicados ou indicadores serem inúmeros. Assim, a operacionalidade do método está diretamente ligada à fragmentação deliberada do objeto que se pretende mensurar.

Todavia, Braga et al (1997) apontam que a necessidade de indicadores seguros e práticos da realidade é uma exigência que ultrapassa o campo científico, pois podem ser escolhidos levando-se em conta fatores subjetivos. Os indicadores podem ser instrumentos de monitoramento (objetivos), assim como objeto de apreciação e aperfeiçoamento de políticas (abstrato). Assim, desenvolver métodos confiáveis de medida é uma missão que não pode divorciar-se dos esforços de entendimento desses indicadores, dentro do quadro mais geral de seus determinantes (físicos, químicos, ambientais, sociais, políticos). Tais indicadores somente são expressivos ou inteligíveis, quando no contexto dos vários elementos que compõem a totalidade articulada e em movimento. Ademais, a descoberta e adesão da referência teórica e sua eficácia, resulta de um longo processo de convencimento e descoberta empírica. Por exemplo, quando se toma um indicador específico no campo da qualidade física e química da água de um rio, o que efetivamente se está considerando é o conjunto das determinações naturais (a geoquímica do rio), sociais, econômicas, políticas e culturais, que se expressam em certo pH, certa alcalinidade, concentração de nutrientes e outros; ou seja, o indicador tomado isoladamente, sem as referências devidas a seu contexto natural e histórico, é uma abstração destituída de valor heurístico ²⁵.

O estudo empírico de micro-áreas da UFMG para a compostagem, propósito desta monografia, limita-se a testar a sensibilidade da metodologia escolhida, no intuito de selecionar uma possível área (das pré-determinadas) para ampliar o tratamento dos RVs através da compostagem, considerando as características (ou variáveis) físicas-ambientais-

²⁵ Entende-se como valor heurístico, o conjunto de regras e métodos que conduzem à descoberta, à invenção e à resolução de problemas. Uma metodologia utilizada para resolver problemas por métodos que, embora não rigorosos, refletem o conhecimento humano e permitem obter uma solução satisfatória (Houaiss, 2002).

sociais-políticas das micro-áreas. Deste modo, serão exploradas, no âmbito interno da UFMG, as principais correlações entre as micro-áreas, a fim de testar o modelo escolhido. Para tal, serão consideradas todas as orientações revisadas para efeito da análise. Logo, os indicadores de interesse serão agrupados em conjuntos distintos formando os componentes, que expressam a utilidade das micro-áreas para a compostagem. Destes componentes, alguns apresentarão tratamento quantitativo matemático, enquanto que outros terão indicadores apenas variáveis e pesos passíveis de ordenação ou de atribuição de intensidade. Desse modo, a leitura correta das matrizes ou grupamentos e do resultado implica entender todo o conjunto como um roteiro compreensivo e abrangente da realidade do *campus*, organizado de tal forma que seus elementos principais estão explicitados, bem como suas interações substanciais. Trata-se, portanto, de um instrumento metodológico dotado de plasticidade suficiente para ser adaptado a diversos contextos.

4 METODOLOGIA

No primeiro momento, será realizada uma avaliação histórica do tratamento dos RVs e da produção do composto orgânico, com o olhar voltado para a necessidade de aprimorar o processo e investir na produção.

Posteriormente, com o objetivo de elaborar uma metodologia locacional e testá-la, serão obtidas informações geográficas-espaciais que permitam agrupar as diversas necessidades em unidades menores como sub-regiões de interesse, visando à ampliação e a implantação da compostagem em uma nova área a ser selecionada dentro do *Campus* ou pertencente à UFMG. Uma dessas necessidades é que os tomadores de decisão do PGRSE e do PDRV consigam escolher a melhor localização para a compostagem, desejando maximizar sua produtividade e seu gerenciamento. Assim, inferi-se que a futura área a ser ocupada deva revelar uma adequada localização para o crescente volume de RV e RO (esterco e restos alimentares) gerados no *Campus*.

Logo, será realizada uma avaliação global do espaço físico do *campus*, no intuito de selecionar algumas micro-áreas seguindo os critérios de seleção de Haddad (1989). Para uma melhor visualização espacial e conjunta das micro-áreas e, para que melhor se percebesse a

existência das diferenças entre elas, serão usadas imagens do *Google Earth*, que conferem condição de comparabilidade.

Depois foram determinados os Indicadores, conforme disposto por Braga et al (1997), para avaliar as características dos locais, sendo agrupados em: operacional-econômico e ambiental-social-político. Os indicadores receberão “pesos”, sendo estipulado que as características desejáveis terão peso 2, e as indesejáveis, peso 1; tendo como exceção o indicador Tamanho, para o qual receberá o peso 1 para as áreas menos desejáveis; peso 2 para os tamanhos intermediários; e as mais desejáveis, terão peso 3.

Posteriormente, seguindo o roteiro de Monteiro e Zveibil (2001), foram definidos os grupos de critérios de seleção, a saber: o técnico-operacional representados pelos critérios dimensional e geográfico; o econômico, pela acessibilidade e infra-estrutura existente; o ambiental, pela arborização e mitigação do passivo ambiental; e, por último, o político-social representado pelo “uso pela comunidade UFMG” e “política da UFMG”. Por fim, tais grupos produzirão os indicadores que serão agrupados em componentes.

No campo técnico-operacional, os indicadores dimensionais e geográficos tentarão indicar os fatores físicos atuantes e as melhorias desejadas para a operacionalidade da compostagem. O grupo econômico visa figurar, indiretamente, os custos embutidos na implantação de uma nova área para a compostagem. Esclarece-se, também, que apesar de ser desejável que o percurso de transporte do resíduo verde seja o menor possível com vistas a reduzir o desgaste dos veículos, o custo de transporte e o tempo de deslocamento dos empregados, o indicador “transporte” não foi selecionado pela dificuldade de expressar um valor numérico representativo da realidade, bem como para as diversas localidades. Os indicadores ambientais buscam aproximar as necessidades operacionais com ações sustentáveis. No campo sócio-político da UFMG, é visado expressar os interesses e usos da comunidade para com a área em questão; bem como, valorar os desejos políticos da Instituição.

Posteriormente, foi aplicada uma metodologia matemática para permitir a avaliação comparativa entre todas as micro-áreas e entre a área controle (aterro sanitário de BH). A metodologia matemática foi baseada nos diversos modelos metodológicos revisados, os quais permitiram não somente esta etapa como a formulação da metodologia utilizada com a criação dos indicadores e componentes. Deste modo, os tratamentos matemáticos utilizarão as idéias da econometria, do método locacional e da formação de índices, buscando-se estabelecer as correlações entre as variáveis selecionadas. Logo, os passos matemáticos serão:

- 1) Ponderação do Componente = $(\Sigma \text{ dos pesos máximos}) / (\Sigma \text{ indicadores})$
- 2) Índice do Componente = $(\Sigma \text{ indicadores}) \times \text{Ponderação do Componente}$, atribuí valores numéricos e estabelece um artifício analítico-comparativo entre as micro-áreas e o aterro, os quais possuem condições ambientais-antrópicas distintas.
- 3) Índice de Sustentabilidade (IS) = $\Sigma (\text{IOE, IASP})$, almeja demonstrar a conduta ambiental, social e política que a Instituição deve perseguir.
- 4) Quociente de Sustentabilidade (QS), demonstra a tendência e a vantagem locacional das micro-áreas em relação à área controle (pátio do Aterro).

Concluindo, o estudo locacional foi construído a partir da sequência: 1° - parcelamento através da pré-seleção das micro-áreas dentro do *campus* Pampulha; 2° - agrupamento dos indicadores básicos e componentes que seriam medidos e interpretados; 3° - montagem e articulação das matrizes; 4° - tratamento matemático; e 5° - conhecimento comparativo através dos resultados.

Explica-se que este trabalho se diferencia dos variados trabalhos sobre o tema da metodologia locacional por alguns motivos. O primeiro deles é que não é voltado para o tema da economia. O segundo, por emprestar apenas as idéias do método de localização e da formação de índices, pesquisados para formular a metodologia aqui empregada. E, por último, os dados que serão apresentados aqui foram criados neste estudo, não podendo ser comparados com outros existentes, os quais são da área econômica.

5 RESULTADOS

5.1 VISÃO PRODUTIVA

Com uma visão produtiva, verifica-se que o tratamento apresenta uma relação produção-consumo completamente interna a Instituição (Figura 9). A compostagem contínua com uso de uma só matéria-prima – RV – promove um processo simples de transformação bioquímica produzindo – composto orgânico – que é utilizado para consumo próprio (Figura 10).

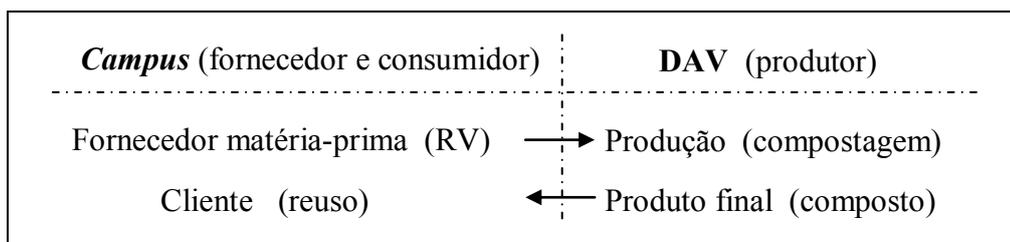


FIGURA 9: RELAÇÃO PRODUÇÃO E CONSUMO DO GERENCIAMENTO DE RV.

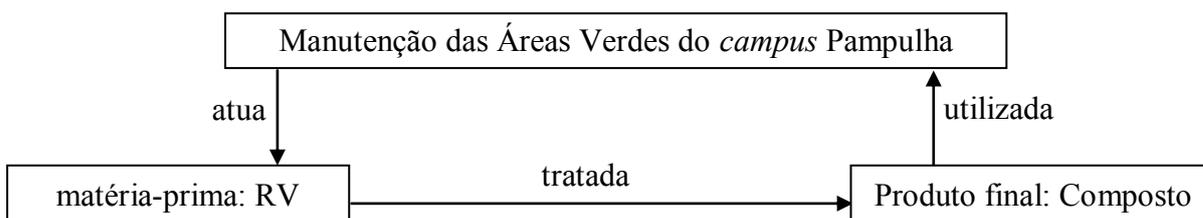


FIGURA 10: VISÃO GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO DOS RV.

Também é possível delinear um modelo de organograma (Figura 11) que estabelece a estrutura organizacional do gerenciamento do RV e o processo produtivo (ou tratamento). Referente ao setor de produção propriamente dito, este possui algumas etapas específicas como: o recebimento e estocagem do material com triagem para separação conforme a constituição C/N (folhas, gramas, galhadas, RO, esterco, outros); a trituração das galhadas pequenas e a pesagem para a montagem das leiras com proporções diferenciadas dos tipos de resíduos. A montagem das leiras é realizada na proporção, normalmente, de 40% de folhas, 50% de grama e 10% material triturado, podendo adicionar 20% de fezes de carneiro. Em algumas leiras experimentais também foram inseridos em torno de 50% de resíduos alimentares do restaurante universitário. Contudo, a proporção do material pode mudar com a sazonalidade, então na época de chuva é inserido mais grama e na estiagem, mais folhas.

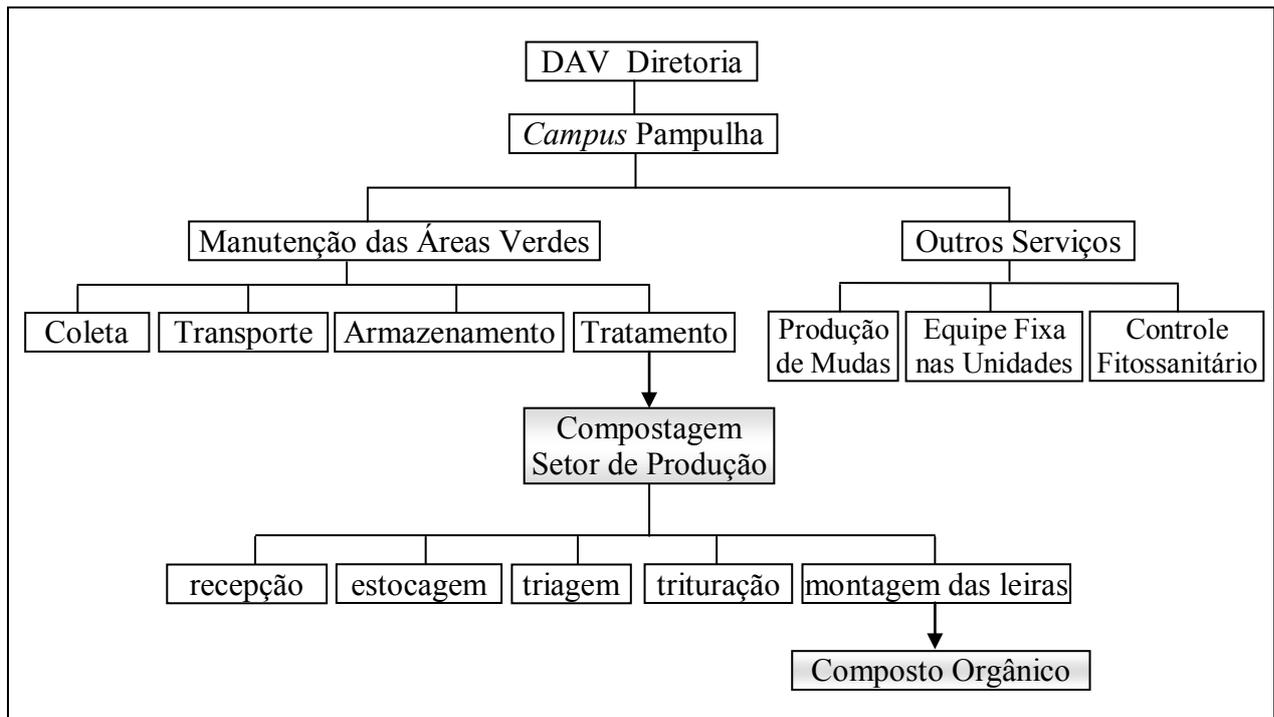


FIGURA 11: ORGANOGRAMA DA GESTÃO DOS RV NO CAMPUS PAMPULHA.

Em relação à compostagem pelo sistema Windrow com o tipo de pátio aberto, o processo é afetado pelo excesso de chuva que é prejudicial ao controle da produção, pois carrega partículas menores e humatos e minerais solubilizados pela água (Figura 12a). Contudo, acredita-se que o processo não produza chorume²⁶ como Pereira Neto (1996) menciona. Fato confirmado na observação das leiras no período de estiagem (Figura 12b) e também de chuva. Algumas explicações que podem justificar o fato da compostagem na DAV não produzir o chorume:

- ✎ A compostagem é um processo exotérmico e essa energia pode ser transferida para as moléculas de água promovendo sua evaporação. De acordo com Kiehl (1985) existe uma convecção de ar quente da base para o topo dentro da leira. Assim, o vapor sai do sistema leira para a atmosfera, quando da circulação do ar dentro desta. Logo, pode haver perda da água liberada na decomposição.
- ✎ Se o chorume é um líquido originário da decomposição, e, portanto, não do umedecimento, a proporção de água nos materiais influencia diretamente a quantidade de chorume produzido. Assim, na compostagem somente de RVs, a constituição do material

²⁶ Entende-se como chorume na compostagem, a produção de um líquido (ou resíduo líquido) gerado da decomposição da matéria orgânica e que escorre pela massa da leira.

utilizado é pobre em água quando comparado a outros RO como legumes, verduras e frutas. Fato que pode explicar a ausência de chorume, e, provavelmente, se o DAV incluísse maiores quantidades de resíduos alimentares nas leiras, tal fato poderia mudar.

✎ Outra suposição é que se o controle do processo de compostagem for correto, ou seja, sem excesso de umedecimento e reviramento da leira a cada 3 dias, conforme orientações teóricas, não ocorrerá acúmulo de água no sistema, portanto não haverá escoamento de chorume da leira.

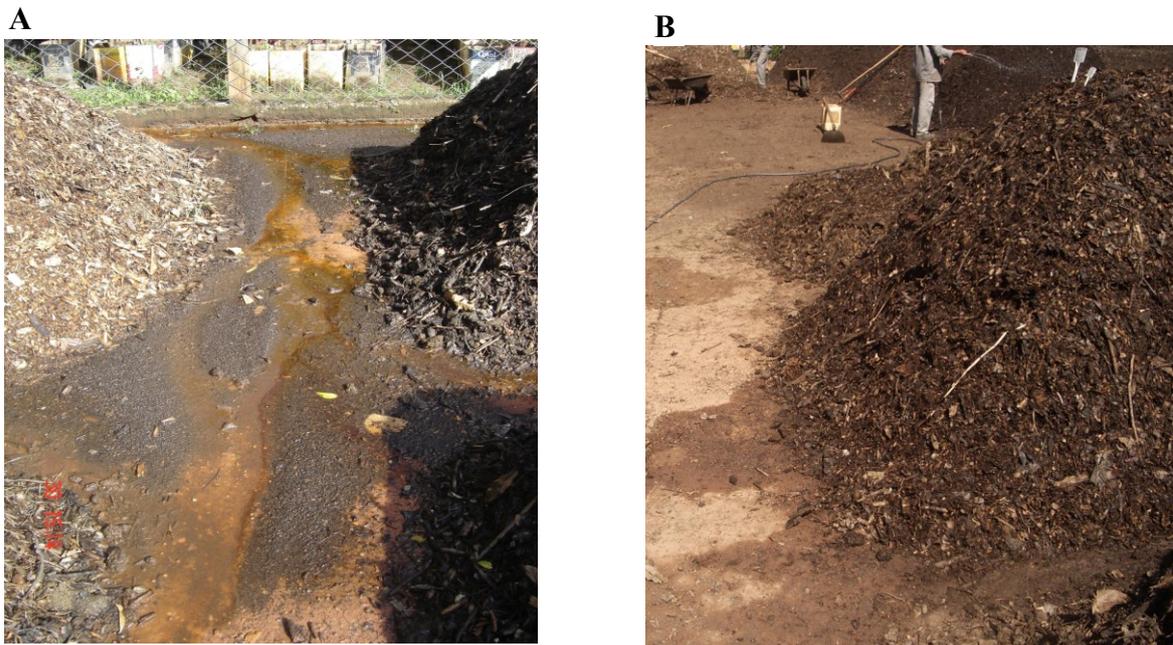


FIGURA 12: ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO PERÍODO DA CHUVA (A) E DEMONSTRAÇÃO DA AUSÊNCIA DE CHORUME NO PERÍODO DA ESTIAGEM (B).

5.2 AVALIAÇÃO HISTÓRICA DO GERENCIAMENTO DOS RVs

De acordo com o levantamento de dados na DAV (2009), observados na Figura 13, a geração de RV no período de 2002 a 2008 é praticamente constante, com um pequeno declínio em 2006, provavelmente motivado por fatores ambientais ou problemas operacionais. O volume de RV transportado e disposto no aterro sanitário (SLU) vem reduzindo desde 2005 e eram inexistentes nos anos de 2002 e 2003, pois tais resíduos eram queimados na Estação Ecológica da UFMG ou deixados no solo no próprio local da manutenção.

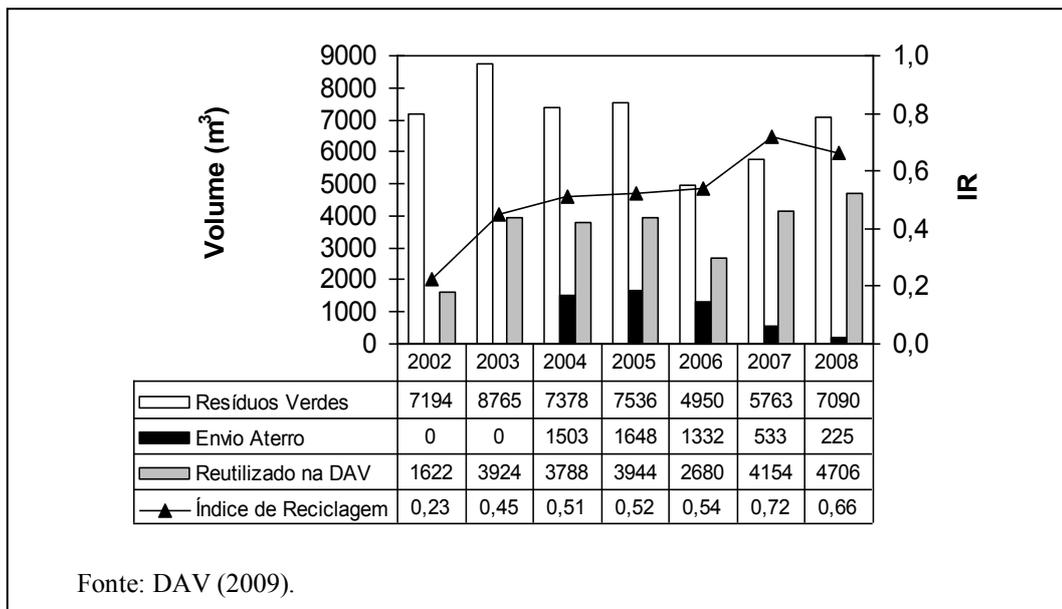


FIGURA 13: VOLUME DE RV GERADO, DISPOSIÇÃO NO ATERRO, REUTILIZAÇÃO NA DAV E ÍNDICE DE RECICLAGEM, NO PERÍODO DE 2002 A 2008.

O volume de resíduos verdes tratados na compostagem (não incluindo folhas de varrição das ruas e os troncos grossos que são doados a terceiros), e em seguida reutilizados na própria DAV como composto orgânico, é expresso no item “Reutilizado na DAV”, demonstrando uma constância ao longo do tempo e um leve aumento a partir de 2007. Nota que em 2002 não havia uma compostagem adequadamente controlada, mas a partir do controle operacional o material reutilizado é mais que duplicado. Em 2008, o volume de RVs tratados gerou um volume final aproximado de 5.000 m³ de composto orgânico, sendo que todo ele foi reutilizado nos gramados e jardins dentro do próprio *campus*. Salienta-se que, apesar do aumento da produção do composto, no momento ele não atinge o volume suficiente para a manutenção das áreas verdes do *campus* Pampulha, faltando composto e, conseqüentemente, sendo inevitável a compra para os serviços paisagísticos e de manutenção.

O Índice de Reciclagem, formulado por Lapertosa (2006), que é o valor reutilizado em relação ao volume total gerado, e considerando 100% de reciclagem dos resíduos finos, vem aumentando ao longo do tempo. Para a autora, o grau de adequação do tratamento pode ser confirmado quando compara o IR ao valor de índice de reciclagem ideal 1, logo pode-se concluir que o tratamento está sendo aprimorado (sua operacionalidade) gradativamente ao longo do tempo, provavelmente, conseqüência da prioridade ao monitoramento contínuo do processo e a ênfase à constituição do material das leiras com a preocupação voltada para a relação C/N. Repetindo as palavras de Lapertosa (2006), o tratamento do RV merece “a incorporação de ações voltadas para intensificar o volume de resíduo tratado através do

processo de compostagem, que pode ser perfeitamente adotado para este tipo de resíduo.” Contudo, o IR de 2008 demonstra que ainda devem ser realizados mais aperfeiçoamentos no tratamento, pois este regrediu para 0,66. Analisando os fatos ocorridos em 2008, conclui-se que o motivo da queda pode ser a falta de espaço na área de compostagem, pois a quantidade de RV gerado aumentou, mas não foi possível tratá-lo totalmente, sendo armazenada grande quantidade de RV sem qualquer controle na Faculdade de Educação (FAE). Tal problemática se repetiu em 2009. Ainda por falta de espaço para o tratamento de todo o material recolhido na manutenção, muitos dos RV como folhas continuaram sendo armazenados em montes no Horto (Figura 14), na FAE (Figura 15), no CEU, atrás da FUNDEP e em outros locais. Para tentar minimizar este problema e aumentar o tratamento, foi adquirido o equipamento desintegrador, que diminui mais a granulometria do material e proporciona um volume maior de RV sendo compostado.



FIGURA 14: PÁTIO ATUAL DA COMPOSTAGEM NA DAV/UFMG



FIGURA 15: COMPOSTAGEM NA FAE

Notam-se diferenças visuais nos compostos do armazenamento temporário sem controle da FAE (e em outros locais) e o promovido no Horto com controle. Na FAE, onde os RV são apenas armazenados e o processo não é controlado, o composto apresenta coloração escura, odor de terra molhada e aspecto de partículas grandes, isto é, de granulometria grosseira. Já a massa produzida pelo processo controlado no Horto/DAV, tem a aparência mais homogênea e de partículas pequenas, pois fatores como aeração e umidade são fundamentais para a biólise, e o próprio reviramento vai quebrando as partículas maiores. Somado a isso, a falta de controle operacional; bem como de um local apropriado para os procedimentos operacionais, afetam negativamente o processo, tornando-o mais lento. De acordo com DAV (2009), a decomposição do material da FAE leva mais de 180 dias para poder ser usado como composto; enquanto que no Horto/DAV, leva cerca de 120 dias.

Todavia, apesar da inexistência de espaço no Horto/DAV para o tratamento do grande volume de RV gerado, bem como a limitação de recursos financeiros e humanos, pode-se concluir que a situação é positiva, contudo pode e deve ser melhorada. Melhorias no processo implicam o contínuo monitoramento do processo, a aquisição de equipamento e desejo político da Instituição em ceder novo espaço para a compostagem. Assim, o DAV comprou carrinhos para transporte da folhagem (e outros materiais) e novas ferramentas para o controle do processo. Contudo, é notório para eles que a adequação de uma nova área é prioritária, na qual os resíduos possam ser adequadamente armazenados e possam receber os controles que facilitem o processo de decomposição, para que seja possível tratar todo o volume de RV, e, se possível, acrescentar os resíduos orgânicos do Restaurante Universitário e alguns rejeitos animais (estercos) da Faculdade de Veterinária, aumentando conseqüentemente a produção do composto orgânico.

5.3 ESTUDO LOCACIONAL

Orientada pelas fases de planejamento de Perloff (1977), a primeira fase adotada foi a definição do objetivo e das localizações das micro-áreas. O objetivo é apresentar, dentro e próximo do *campus* Pampulha, algumas regiões onde possa ser instalado, em um futuro próximo, o novo pátio de compostagem para ampliar o tratamento e permitir a inclusão de outros RO (restos alimentares e esterco). Para a localização, foi necessário elaborar a fase de coleta de informações que cobriram a área total do *campus* e determinar as micro-áreas do estudo. Em seqüência, tais regiões foram caracterizadas via critérios de seleção e indicadores; e estes foram agrupados em componentes. A intenção é apresentar, de forma sucinta, dados

que validem os critérios de seleção e os indicadores pré-determinados, baseados em suposições relativas aos fatores que influem na operacionalidade do tratamento e repercutem na produtividade, gestão e custos.

Uma das hipóteses é que haja uma interdependência entre os agrupamentos que formarão os componentes, pois mostram a relação recíproca entre a Instituição, sua gestão e o processo de tratamento dos resíduos verdes. Deste modo, admite-se que as variáveis políticas, normalmente orientadas segundo interesses do momento, para atingir seus objetivos futuros, atuem sobre as variáveis operacionais e econômicas, modificando-as ao sabor das circunstâncias políticas. Sem dúvida alguma, a decisão da gerência da UFMG faz com que a variável política determine (de forma mais acentuada que os indicadores ambiental e social) qual o local que será adequado para a compostagem.

Esclarece-se que a fase atribuída ao “Planejamento Político”, que é diferente da variável política mensurada, sai do escopo deste estudo, considerando que tal planejamento seja de responsabilidade do Conselho Universitário da UFMG, em conjunto, com os gestores do Programa de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos (PGR/DSG) e do Projeto de Destinação dos Resíduos Verdes (PDRV/DAV).

5.3.1 PRÉ-SELEÇÃO DAS MICRO-ÁREAS E CRITÉRIOS UTILIZADOS

Perloff (1977) menciona a necessidade de observar o contexto espacial total de um determinado município ou local para planejar e optar pelas melhores escolhas de localização para o empreendimento. A seleção de áreas dentro do *campus* Pampulha não é tarefa simples. O alto grau de utilização de todo o terreno e os múltiplos interesses sobre os espaços ainda desocupados restringem a disponibilidade de áreas satisfatórias. Além desse aspecto, os parâmetros operacionais e as exigências do processo de compostagem devem ser levados em consideração. Assim, com a imagem do *Google Earth* de todo o *campus* Pampulha e áreas circunvizinhas, foi realizada uma reunião com os gestores da DAV e do PGR/DSG, para decidir quais áreas poderiam entrar no estudo. Os critérios de seleção, nesta etapa, foram: procurar áreas desocupadas e sem uso Institucional aparente; sem fragmento de mata nativa; possibilidade de ter infra-estrutura próxima; de fácil acesso e com dimensionamento desejável para o pátio de compostagem. Logo, foram selecionadas nove micro-áreas (figura 16), que em 2009, ou estavam desocupadas, ou já estavam sendo utilizadas pela DAV, conforme abaixo:

✎ FAE - utilizada para armazenar, temporariamente, os resíduos verdes;

- ✎ CEU - utilizada para armazenar os resíduos verdes do clube;
- ✎ Mineirão, quarteirão 9 – esporadicamente utilizada para armazenar temporariamente os resíduos verdes grossos e brutos;
- ✎ Capineira da Estação Ecológica – desocupada e, antes de 2004, o local era utilizado para queima dos resíduos verdes;
- ✎ Orla da Lagoa, vizinho do CEU – desocupada e sem uso aparente;
- ✎ FUNDEP, quarteirão 9 – desocupada e sem uso aparente;
- ✎ Baixada da Educação Física – desocupada e sem uso aparente;
- ✎ Atrás do Forte – desocupada e na proximidade de infra-estrutura completa; e
- ✎ Entrada CPOR-FAE – desocupada com pequena infra-estrutura já existente.



FIGURA 16: DISTRIBUIÇÃO DAS 09 (NOVE) MICRO-ÁREAS DENTRO E NA VIZINHANÇA DO CAMPUS PAMPULHA

De acordo com Braga et al (1997), Simões (2005) e Póvoa & Andrade (2006) é necessário apresentar uma área controle, isto é, uma área de comparação para diagnosticar se a metodologia e os cálculos acompanham um padrão desejado. Após análise e considerando a legislação ambiental, a área controle escolhida foi o pátio de compostagem do aterro sanitário de Belo Horizonte, cujos indicadores, cálculos e resultados serão comparados aos obtidos para as micro-áreas. Ou seja, a área “aterro sanitário” será avaliada, igualmente e em conjunto, com as fases de apreciação de todas as micro-áreas do *Campus*.

De posse da localização das micro-áreas e da área controle, estas foram delimitadas conforme a possibilidade de uso, através do software *Google Earth* (Anexo II), e, então, calculado o tamanho das áreas (m²) (Tabela 1). Observa-se que o tamanho da área de controle é mais do que suficiente para o tratamento dos RV da UFMG calculado em 4.000 m² (Anexo III).

TABELA 1: DIMENSIONAMENTO DAS MICRO-ÁREAS E TAMANHO ESTIMADO.

	MICRO-ÁREA	SIGLA	DIMENSÃO (M)	TAMANHO (M²)
1	FAE	FAE	20 x 110	2.200
2	CEU	CEU	77 x 25	2.990
3	Mineirão	MIN	50 x 100	5.000
4	Capineira da Estação Ecológica	CEE	52 x 103	5.500
5	Orla da Lagoa, lado CEU	OL	70 x 50	3.500
6	FUNDEP	FUNDEP	75 x 65	4.875
7	Baixada da Educação Física	BEF	50 x 75	3.750
8	Atrás do Forte	AF	57 x 40	2.700
9	Entrada CPOR – FAE	CPOR	50 x 75	3.750
AC	Aterro (Fonte: SLU, 2009)	Aterro	--	10.000

A etapa seguinte, conforme disposto por Monteiro e Zveibil (2001), foi determinar os critérios de seleção para avaliar as micro-áreas. A partir desta etapa foi adotada a premissa de que as nove micro-áreas pré-selecionadas e a área controle, responderiam de forma semelhante entre si aos critérios de seleção definidos no estudo. A adoção desta premissa justifica-se pela indisponibilidade de informações prévias sobre o tema abordado.

Tais critérios de seleção produzirão os diversos indicadores, os quais serão agrupados em dois componentes: operacional-econômico e ambiental-social-político. Para o **Componente Operacional-Econômico** (COE) foram definidos os critérios:

- ✎ A área deve atender a necessidade de ampliar e/ou centralizar o tratamento dos RV, portanto as micro-áreas devem possuir dimensões compatíveis com a estimativa para o novo pátio de compostagem de 4.000 m² (Anexo III). O tamanho total da área da compostagem, considerando sua operacionalização futura, deve ser comparado com o tamanho das micro-áreas. Foi decidido, então, que uma área de 5.000 m² seria preferencial, pois o tamanho reduzido da área afeta e afetará o recebimento de outros resíduos orgânicos (estercos e resíduos alimentares) gerados na Instituição, que poderiam ser tratados pela compostagem; bem como, a construção das edificações necessárias. Ademais, a decisão da escolha locacional pode ser interpretada, também, como uma forma de investimento, ou seja, quanto maior o terreno, maior o tempo de uso da área sem problemas de espaço. Neste caso, é criado o indicador “Tamanho” e “Permanência da Atividade”.
- ✎ Como as precipitações influenciam nas leiras que estão em pátio aberto, a declividade do terreno deve ser suave de modo a reduzir o escoamento superficial e a perda de material orgânico. Ademais, baseada na afirmativa de Kiehl (1985) que a matéria orgânica e o composto são substâncias condicionadoras do solo, foi decidido não acatar a recomendação técnica atual de que o pátio de compostagem deve ser pavimentado, pois se acredita que o tratamento de material exclusivamente “verde” e orgânico (sem mistura com RSU ou outros resíduos não orgânicos) não necessita de impermeabilização do solo. Assim, é desejável que o solo tenha certa permeabilidade natural, permitindo a infiltração da chuva e que a matéria decomposta aglutine com a fração argila e estabilize os agregados do solo. Neste caso, os indicadores são “Declividade” e “Solo”.
- ✎ O acesso à área deve possibilitar passagem de veículos pesados (triturador industrial e caminhões), sem rampas íngremes, sem curvas acentuadas e de forma a permitir o livre acesso ao local, mesmo na época de chuvas. Neste caso, o indicador é “Acesso”.
- ✎ Alguns investimentos, obrigatoriamente, deverão ser realizados, independentemente da micro-área selecionada, como: instalações hidráulicas e elétricas; drenagem de águas pluviais; abrigo para o triturador; e cercamento (com cerca viva e mourões). Todavia, é recomendado que a área escolhida também disponha de infra-estrutura administrativa (vestiário, copa, escritório) completa. Todos estes influenciarão mais ou menos os custos

do empreendimento. Neste caso, é preferível que a micro-área já disponha de algum tipo de estrutura. O indicador criado é “Infra-estrutura”.

Para o componente operacional-econômico, o tamanho e a declividade são considerados como fatores críticos na escolha locacional, pois essas características dificultam a escolha de áreas muito pequenas ou íngremes, pois afetam diretamente o processo operacional. Além do mais, em uma visão de longo prazo, é desejável a centralização do tratamento no intuito de minimizar a duplicidade de ferramentas, infra-estrutura, irrigação e mão-de-obra em locais diferentes.

Para o **Componente Ambiental-Social-Político (CASP)** foram presumidos os critérios:

- ✎ A utilização da área para a compostagem não deve reduzir os fragmentos florestais nativos existentes no *Campus*. Assim, a área deve possuir certa arborização para minimizar os efeitos indesejáveis do vento sobre o pátio, mas ao mesmo tempo é desejável que, se houver necessidade de supressão arbórea, que esta seja mínima e de espécies não nativas. Ademais, o futuro pátio de compostagem não deve influenciar negativamente a paisagem para a vizinhança. Entende-se, também, que o tratamento dos RVs deva ser visto como um processo minimizador dos problemas ambientais gerados dentro e pela Instituição. Neste caso, é criado o indicador “Arborização” e “Mitigação do passivo ambiental”.
- ✎ É desejável que a micro-área não seja utilizada pela comunidade UFMG em suas atividades acadêmicas ou de lazer. Neste caso, o indicador é “Uso pela Comunidade UFMG”.
- ✎ A área não deve apresentar qualquer informação informal ou notícias não confirmadas, porém de domínio público (boatos), sobre os desejos políticos da Instituição em utilizar a área. O intuito é obter, em um futuro próximo, a autorização e a concessão do Conselho Universitário para uso desta com o tratamento dos resíduos verdes. Neste caso, é criado o indicador “Interesses Diversos da Instituição”.

Para o componente ambiental-social-político, o uso pela comunidade UFMG e os interesses da Instituição impedem a concessão da área, enquanto que a quantidade e tipologia florística são fatores críticos na escolha locacional, ou seja, é ideal que ocorra a menor supressão possível de árvores nativas.

5.3.2 CONSTRUÇÃO DOS COMPONENTES E DOS INDICADORES

De acordo com os critérios de seleção mencionados foram criados os componentes e os indicadores operacional-econômico e ambiental-social-político (Tabela 2), que pontuarão cada micro-área.

TABELA 2: COMPONENTES E INDICADORES OPERACIONAL-ECONÔMICOS E AMBIENTAL-SOCIAL-POLÍTICOS IDENTIFICADOS PELOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO.

	Componente operacional-econômico	Componente ambiental-social-político
	operacional-econômicos (6)	ambiental-social-políticos (4)
Indicadores	Declividade Tamanho Solo Acesso Infra-estrutura Permanência da atividade	Arborização Mitigação do passivo ambiental Uso pela comunidade UFMG Interesses diversos da Instituição

Os indicadores do componente operacional-econômico (COE) indicam os fatores dimensional, geográfico e econômico, tendo como objetivo a pontuação dos fatores que influenciam na produtividade e nos custos do processo de compostagem. Já os indicadores do componente ambiental-social-político (CASP) identificarão fatores subjetivos (na sua maioria, exceto o indicador arborização que é quantificável), os quais foram pontuados através da experiência dos participantes deste estudo (DAV, DSG, DESA e pós-graduando).

O próximo passo será a atribuição de pesos aos indicadores dos componentes pré-determinados. Tais pesos são necessários nas operações matemáticas permitindo multiplicar certas grandezas e dar-lhes maior ou menor importância na ponderação de cada indicador.

5.3.3 COMPONENTE OPERACIONAL-ECONÔMICO: CONSTRUÇÃO DAS MATRIZES COM A CLASSIFICAÇÃO E A PONDERAÇÃO

Usando os indicadores como referência, as áreas foram visitadas para reconhecimento de campo; enquanto que para diagnosticar a área “aterro” foi realizada visita ao pátio de

compostagem do aterro sanitário de Belo Horizonte, que trata os resíduos orgânicos (verdes e alimentares) oriundos das áreas verdes públicas e de alguns sacolões e restaurantes (SLU, 2009). Posteriormente, para cada indicador operacional-econômico foram dados pesos, os quais permitirão avaliar numericamente cada micro-área. Assim, seguindo as recomendações de Sousa (2002), as definições metodológicas para cada indicador foram realizadas, conforme se segue.

5.3.3.1 INDICADOR TAMANHO

A primeira variável definida para mensurar a atividade é o tamanho da área necessária para aumentar a produção de composto. Mais ainda, definiu-se o quanto uma determinada micro-área é comparável à área delimitada no aterro sanitário para a compostagem. Assim sendo, para a pontuação do indicador “tamanho” foi calculado o “quociente dimensional (QD)”, mencionado por North (1977), o qual divide o tamanho de cada micro-área pela área estipulada de 5.000 m², supondo que o novo pátio de compostagem comportará todos os resíduos verdes gerados mais esterco e resíduos alimentares no tratamento. O QD expressa a vantagem (ou não) dimensional de cada micro-área para a produtividade do tratamento, isto é, representa o tamanho como um investimento futuro para o desenvolvimento da base produtiva. Os resultados para cada micro-área são apresentados na Tabela 3 e a leitura do QD significa:

- ✎ $QD \geq 1$, micro-área possui vantagem locacional que permitirá, facilmente, o desenvolvimento da base produtiva. Neste caso, o tamanho da micro-área será considerado grande e receberá peso 3, por representar o desejável para a produção a longo prazo.
- ✎ $0,6 < QD < 1$, a micro-área pode promover um desenvolvimento da base produtiva; contudo, outros fatores devem ser avaliados. Foi considerada de tamanho intermediário e dado peso 2.
- ✎ $QD \leq 0,6$, não possui vantagens locais, portanto não promoverá o desenvolvimento da base produtiva. Considerada de tamanho pequeno e indesejável em longo prazo, portanto peso 1, contudo deve ser avaliado em conjunto com outros indicadores por causa da avaliação da pré-existência de infra-estrutura.

TABELA 3: QUANTIFICAÇÃO DO INDICADOR TAMANHO ATRAVÉS DO QD E PONDERAÇÃO.

Micro-Áreas	SIGLA	Área (m²)	QD	Classificação	Peso
FAE	FAE	2.200	0,4	pequeno	1
Entrada CPOR – FAE	CPOR	3.750	0,8	intermediário	2
CEU	CEU	2.990	0,6	pequeno	1
Orla da Lagoa, lado CEU	OL	3.500	0,7	intermediário	2
Mineirão	MIN	5.000	1,0	grande	3
FUNDEP	FUNDEP	4.875	1,0	grande	3
Atrás do Forte	AF	2.700	0,5	pequeno	1
Capineira da Estação Ecológica	CEE	5.500	1,1	grande	3
Baixada da Educação Física	BEF	3.750	0,8	intermediário	2
Aterro BH	Aterro	10.000	2,0	grande	3

O resultado demonstra que as micro-áreas com $QD < 0,6$ são indesejáveis, indicando a estagnação da produção em curto prazo, são os casos da FAE e AF. As micro-áreas com QD entre 0,6 e 1, podem até servir ao tratamento, mas devem ser avaliadas em conjunto com os demais indicadores para analisar outras vantagens (ou desvantagens), sendo o exemplo das micro-áreas: CPOR, CEU, OL e BEF. Os casos do QD igual ou maior que 1, indicam uma semelhança de tamanho entre a área estimada e as micro-áreas, sendo locais muito desejáveis, como: MIN, FUNDEP e CEE, que apresentam tamanho ótimo e permitirão aumentar o tratamento com o recebimento dos demais resíduos orgânicos da Instituição. O Aterro com QD igual a 2 significa que sua área é duas vezes maior que a área estimada para a compostagem da UFMG. O valor indica uma especialização relativa muito maior da área Aterro em questão de tamanho, sendo julgada como a melhor opção para o tratamento dos RVs. Assim, crer-se que o Aterro satisfaz o papel de área controle da metodologia para o caso do indicador Tamanho.

Somado a isso, repare que o indicador “tamanho” possui 03 pesos distintos, fato que atribuirá ao COE maior ponderação geral, quando comparado ao CASP, o que será também notado no cálculo do índice operacional-econômico.

5.3.3.2 INDICADOR DECLIVIDADE

O que determinou a pontuação do indicador “declividade” foi o fator da compostagem se realizar em pátio aberto, sofrendo principalmente com as precipitações. A declividade acima de 8% (de muito inclinada a inclinada) promove o escoamento superficial das águas que carreiam o material orgânico e podem provocar a erosão do solo. Por isso, a declividade deve ser suave (3 a 5%) ou, de preferência, plana (0 a 3%). Baseado nessas considerações foram imputadas peso 1 para os casos indesejáveis, ou seja, com declividade acima de 5%; e peso 2 para os desejáveis, abaixo de 5%. Para pontuar foram avaliados os dados topográficos das micro-áreas dentro do *campus* Pampulha, e no caso do Aterro, a área foi considerada como de declividade plana, após visita ao local da compostagem.

5.3.3.3 INDICADOR SOLO

Kiehl (1985) cita que a matéria orgânica e o composto são substâncias condicionadoras do solo e fator importante para sua estruturação como agregador de partículas; e sabe-se que a estrutura do solo exerce influência sobre a movimentação da água – permeabilidade e escoamento superficial. Ademais, seguindo os preceitos da teoria humista e os exemplos históricos da agricultura mencionados por Sousa et al (2003), acredita-se que o tratamento do material **exclusivamente** “verde” e orgânico (esterco e resíduos alimentares, sem nenhum tipo de mistura com RSU ou outros resíduos não orgânicos) não necessite de impermeabilização do solo. Então, foi decidido não acatar a recomendação técnica de que o pátio de compostagem deve ser pavimentado. Logo, é desejável que o solo tenha certa permeabilidade natural, permitindo a infiltração da chuva e que a matéria decomposta aglutine com a fração argila e estabilize os agregados do solo.

Assim, para a pontuação do indicador “solo” foi considerado desejável que a micro-área apresente solo com boa estrutura e que tenha boa permeabilidade natural para reduzir os problemas ambientais como alagamentos e/ou erosão. Para pontuar este indicador foi realizada visita, em cada micro-área, para caracterizar o solo, conforme as orientações de Lemos e Santos (2002), que é quebrar um torrão de solo, pingar água lentamente e observar o tempo de percolação desta até a porção inferior do torrão. Foram pontuados com peso 1 e considerados indesejáveis, os solos que demoraram mais de 1 minuto para a água percolar pelo torrão; e peso 2 para aqueles em que a água percolava rapidamente (menos de 1 minuto) no torrão, considerados solos desejáveis. No caso do aterro, o pátio é impermeabilizado, portanto considerado peso 1.

5.3.3.4 INDICADOR ACESSO

A pontuação do indicador “acesso” deve representar a possibilidade de passagem de veículos grandes e pesados (triturador industrial e caminhões). Não deve apresentar rampas íngremes ou curvas acentuadas, assim como, deve permitir o livre acesso ao local mesmo na época de chuvas. Para pontuar foram observadas as estradas e caminhos existentes em direção e, principalmente, na estrada de cada micro-área. Foi dado peso 1 para aquelas consideradas de médio a difícil acesso, ou seja, que apresentem as características negativas mencionadas acima, e peso 2 para as características desejáveis, que são caminhos que suportem veículos grandes e pesados, sem rampas ou curvas acentuadas e que não atolem em época de chuva. Como o aterro sanitário apresenta ruas pavimentadas até a área de compostagem foi considerado peso 2.

5.3.3.5 INDICADOR INFRA-ESTRUTURA

O indicador “infra-estrutura” determina a existência de escritório, copa e vestiário, mais próximo, que possa ser utilizado pelos operários que trabalham diretamente no pátio de compostagem. Para pontuá-lo foram observadas as imagens do *Google Earth*, quantificando em linha reta a distância da micro-área até a infra-estrutura básica (vestiário e copa) mais próxima. Foi atribuído peso 1, quando a infra-estrutura for inexistente ou a distância for maior que 100 m da micro-área; e peso 2, quando a infra-estrutura existe em um raio menor que 100m, mesmo que esta precise de melhorias futuras e adaptações. Foi observado que o aterro possui infra-estrutura completa, portanto peso 2.

5.3.3.6 INDICADOR PERMANÊNCIA DA ATIVIDADE

Por causa do atual quadro de áreas de compostagem espalhadas no *campus* e no CEU, foi proposto o indicador “permanência da atividade”. Com ele se pretende medir a capacidade de centralizar o tratamento fazendo-se uma relação entre o possível tempo de uso da área e o tamanho da mesma. Para tal, foi determinado que as micro-áreas com $QD \geq 1$ apresentam vantagem locacional, pois seriam utilizadas em longo prazo e permitiriam o desenvolvimento da base produtiva. Conseqüentemente, podem ser consideradas de permanência fixa, logo recebem pontuação 2, pois é uma característica desejável. Enquanto que as micro-áreas de QD abaixo de 1 apresentariam um uso temporário ou de curto prazo, podendo até promover um desenvolvimento da base produtiva deste que outros fatores sejam avaliados. Assim, sua pontuação é 1, por ter característica indesejável, apesar de utilizável. Somado a isso, este indicador confirma que as áreas de compostagem espalhadas pelo *campus* são consideradas temporárias, tornando inviável a adequação ou desenvolvimento do tratamento. O aterro é um empreendimento considerado fixo, portanto de peso 2.

Concluindo, a classificação e a pontuação dos indicadores operacionais-econômicos estão apresentadas na Tabela 4 e os resultados da pontuação de cada micro-área na Tabela 5.

TABELA 4: INDICADORES OPERACIONAL-ECONÔMICOS, SUA CLASSIFICAÇÃO E PONTUAÇÃO.

Componente operacional-econômico		
Indicadores	Classificação	Pontuação
Tamanho	Pequeno	Indesejável = 1
	Intermediário	Desejável = 2
	Grande	Muito Desejável = 3
Declividade	Acima de 5% - Inclinado	Indesejável = 1
	Abaixo de 5% - Plano	Desejável = 2
Solo	Indesejáveis	Indesejável = 1
	Desejáveis	Desejável = 2
Acesso	Médio a Difícil	Indesejável = 1
	Fácil	Desejável = 2
Infra-estrutura	Inexistente	Indesejável = 1
	Existente	Desejável = 2
Permanência da Atividade	Temporária	Indesejável = 1
	Fixa	Desejável = 2

TABELA 5: RESULTADO GERAL DA PONTUAÇÃO DOS INDICADORES OPERACIONAL-ECONÔMICOS.

Micro-áreas Indicadores	FAE	Entrada CPOR- próx. FAE	CEU	Orla Lagoa – próx. CEU	Mineirão	FUNDEP	Atrás do Forte	Capineira Estação Ecológica	Baixada Educação Física	Aterro BH
	Tamanho	1	2	1	2	3	3	1	3	2
Declividade	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2
Solo	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1
Acesso	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2
Infra-estrutura	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2
Permanência da atividade	1	2	2	1	2	2	2	1	1	2

5.3.4 COMPONENTE AMBIENTAL-SOCIAL-POLÍTICO: CONSTRUÇÃO DAS MATRIZES COM A CLASSIFICAÇÃO E A PONDERAÇÃO

As pontuações criadas para cada indicador ambiental-social-político permitindo avaliar numericamente cada micro-área estão expostas na Tabela 6 e os resultados originados na Tabela 7.

5.3.4.1 INDICADOR ARBORIZAÇÃO

Sendo assim, a determinação da pontuação do indicador “arborização” foi, por um lado, o atendimento à premissa de preservação das matas nativas e, por outro lado, a dificuldade em se obter autorização de supressão junto ao Instituto Estadual de Florestas (IEF). Também é desejado escolher áreas sem presença de fragmentação florística. Para a atribuição dos pontos foram utilizadas imagens do *Google Earth* e realizadas visitas de campo para contagem dos indivíduos arbóreos e identificação de algumas espécies presentes no intuito de diagnosticar se é caso de mata nativa ou não. Logo, se o local tiver alguns (acima de 10) indivíduos arbóreos nativos será pontuado com peso 1 pois, além de ser indesejável suprimi-los, existe a dificuldade de autorização; e, peso 2 se as micro-áreas tiverem poucos (menos de 5) ou nenhum indivíduo nativo. Neste indicador existe a exceção da micro-área “Atrás do Forte”, que apresenta grande presença de indivíduos arbóreos, predominando a espécie denominada *Leucena*, contudo, como esta é tipicamente invasora e não nativa, foi decidido desconsiderar o fragmento florístico e atribuir-lhe peso 2. Ademais, na visita ao pátio de compostagem do Aterro, classificado “sem arborização”, foi dado peso 2.

5.3.4.2 INDICADOR “MITIGAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL”

Para a pontuação deste indicador foi considerada a importância do gerenciamento e do tratamento dos resíduos verdes para que a Instituição possa mitigar seu passivo ambiental, referente aos impactos negativos da geração destes resíduos e envio para disposição final no aterro sanitário, fato indesejado. Além disso, faz-se necessário atender as condicionantes ambientais exigidas nas obras da FACE e da EE. Então, foi decidido que o peso 2 significaria que a UFMG promove algum tipo de mitigação dentro do próprio *Campus*, enquanto que o peso 1, a Instituição não promove nenhum tipo de mitigação e envia todos os resíduos tratáveis (RV, resíduo alimentar e esterco) para o aterro sanitário.

5.3.4.3 INDICADOR “USO PELA COMUNIDADE UFMG”

Este determina a possibilidade de que comunidade UFMG venha a utilizar ou utilize qualquer das micro-áreas para lazer ou outras atividades acadêmicas. Será considerado desejável, portanto peso 2, a área que demonstre nenhuma utilização, isto é, que não seja ou não venha a ser utilizada; por conseguinte, a de peso 1 será indesejável e apresentará utilização, isto é, a Comunidade a utiliza esporadicamente ou já foi demonstrado uso. No caso do aterro, a lógica foi a seguinte: a Comunidade já demonstrou utilização do local quando enviou, no passado, os RV, contudo, atualmente, a SLU não permite mais a utilização do aterro para tal fim, portanto receberá peso 2.

5.3.4.4 INDICADOR “INTERESSES DIVERSOS DA INSTITUIÇÃO”

A pontuação deve representar as divulgações na mídia ou notícias não confirmadas, porém de domínio público, existentes sobre qualquer interesse da Instituição para com as micro-áreas pré-selecionadas. Como o indicador é derivado de uma “divulgação não oficial” (boato) e representa o intuito futuro de uso da área, a pontuação é totalmente subjetiva e foi obtida a partir do “conhecimento” do grupo deste estudo (DAV, DSG, DESA). Foi dado peso 1 para as micro-áreas com divulgação não oficial, e peso 2, para as que não possuíam nenhuma divulgação de uso.

TABELA 6: INDICADORES AMBIENTAL-SOCIAL-POLÍTICOS, SUA CLASSIFICAÇÃO E PONTUAÇÃO.

Componente Ambiental-Social-Político		
Indicadores	Classificação	Pontuação
Arborização	Alguns	Indesejável = 1
	Poucas ou Nenhuma	Desejável = 2
Mitigação do passivo ambiental	Nenhuma	Indesejável = 1
	Alguma	Desejável = 2
Uso pela comunidade UFMG	Algum	Indesejável = 1
	Nenhum	Desejável = 2
Interesses diversos da Instituição	Algum	Indesejável = 1
	Nenhum	Desejável = 2

TABELA 7: RESULTADO GERAL DA PONTUAÇÃO DOS INDICADORES AMBIENTAL-SOCIAL-POLÍTICOS.

Micro-áreas	FAE	Entrada CPOR- próx. FAE	CEU	Orla Lagoa – próx. CEU	Mineirão	FUNDEP	Atrás do Forte	Capineira Estação Ecológica	Baixada Educação Física	Aterro BH
Indicadores										
Arborização	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2
Mitigação do passivo ambiental	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Uso pela comunidade UFMG	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2
Interesses diversos da Instituição	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2

5.3.5 METODOLOGIA MATEMÁTICA

Nesta última etapa, baseada, também, nos diversos modelos metodológicos de Vervier (1981), North (1977), Haddad (1989), Lemos et al (1995), Braga et al (1997), Abramo (2001), Sousa (2002), Simões (2005), Sesso Filho et al (2006) e Póvoa & Andrade (2006), foi formulada a metodologia matemática a ser utilizada na comparação avaliativa dos indicadores, componentes e na construção dos índices.

Primeiro, foi considerado que cada componente teria uma ponderação geral. Tal ponderação foi calculada por meio da soma unitária das classificações dividida pela soma unitária dos indicadores, dos respectivos componentes (fórmula abaixo).

$$\text{Ponderação do Componente} = (\Sigma \text{ unitária das classificações}) / (\Sigma \text{ unitária de indicadores})$$

Então, observando a Tabela 4 do COE tem-se 6 indicadores totalizando 13 classificações com suas respectivas pontuações; bem como, a Tabela 6 do CASP tem 4 indicadores e 8 classificações, resultando para o COE uma ponderação geral de 2,2 e para o CASP 2,0.

Posteriormente, foi determinado que os componentes e seus indicadores compusessem os “índices”, sendo criado os índices para cada componente. O Índice Operacional-Econômico (IOE) é a função dos indicadores: tamanho, declividade, solo, acesso, infra-estrutura e

permanência da atividade; enquanto que o Índice Ambiental-Social-Político (IASP) é a função dos indicadores: arborização, mitigação passivo ambiental, uso pela comunidade, interesses diversos da UFMG, a saber:

$$\text{IOE} = f(t, d, s, a, i, p) \quad \text{e} \quad \text{IASP} = f(a, m, u, i) \quad \text{donde} \quad \text{IOE} > \text{IASP}$$

Por definição, o índice operacional-econômico possui maior força do que o índice ambiental-social-político, pois a ponderação geral do componente apresenta maior valor (2,2); contudo, o último deve ser tão respeitado quanto o primeiro e não pode ser omitido. A ponderação demonstrou apenas que o COE é mais crítico para a adequação do tratamento do que o CASP, sem significar que os fatores ambientais-sociais-políticos não interfiram na escolha da área.

Matematicamente, foi considerado que os índices - IOE e IASP - seriam representados pela somatória dos pesos de cada indicador (do componente em questão) multiplicada pela ponderação geral do mesmo componente. Tais índices permitem estabelecer um artifício analítico-comparativo entre as micro-áreas e o aterro, pois atribuem valores numéricos para cada determinada micro-área com condições ambientais e antrópicas distintas.

<p>Índice operacional-econômico (IOE) = (Σ Indicadores) x Ponderação Geral do Componente OE</p>	<p>Índice ambiental-social-político (IASP) = (Σ Indicadores) x Ponderação Geral do Componente ASP</p>
---	---

As Tabelas 8 e 9 apresentam os resultados, respectivamente, do COE e do CASP. Observa-se que para o COE, o Aterro recebeu maior pontuação no IOE junto com a micro-área Mineirão. Significando que Mineirão, no ponto de vista operacional-econômico, é a melhor área para receber a compostagem da UFMG. Muito próximo, de ser outra área adequada à compostagem, está o CPOR, seguido pela FUNDEP. Enquanto que para as demais micro-áreas (Atrás do Forte, FAE, CEU, Baixada Educação Física, Orla da Lagoa e Capineira da Estação Ecológica), conclui-se que apresentam mais características indesejadas.

Para o CASP, o Aterro ficou empatado com as micro-áreas FAE, Mineirão e FUNDEP, portanto sendo, no ponto de vista ambiental-social-político, semelhantes; e a Baixada Educação Física é a mais diferente, ou seja, que possui características indesejáveis em relação aos indicadores ASP. As demais áreas são intermediárias e pouco se distinguiram umas das outras pela pontuação.

TABELA 8: RESULTADO DOS COMPONENTES OPERACIONAIS-ECONÔMICOS (COE).

Micro-áreas	FAE	Entrada CPOR- próx. FAE	CEU	Orla Lagoa – próx. CEU	Minerário	FUNDEP	Atrás do Forte	Capineira Estação Ecológica	Baixada Educação Física	Aterro BH
Indicadores										
Tamanho	1	2	1	2	3	3	1	3	2	3
Declividade	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2
Solo	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1
Acesso	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2
Infra-estrutura	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2
Permanência da atividade	1	2	2	1	2	2	2	1	1	2
Somatório dos Indicadores	9	12	9	8	12	11	10	8	9	12
Ponderação Geral	Classificações (13) Indicadores (6) Ponderação = 2,2									
Índice operacional-econômico	19,8	26,2	19,8	17,6	26,4	24,2	22,0	17,6	19,8	26,4
Ranking	5°	2°	5°	6°	1°	3°	4°	6°	5°	1°

TABELA 9: RESULTADO DOS COMPONENTES AMBIENTAL-SOCIAL-POLÍTICOS (CASP).

Micro-áreas	FAE	Entrada CPOR- próx. FAE	CEU	Orla Lagoa – próx. CEU	Minerário	FUNDEP	Atrás do Forte	Capineira Estação Ecológica	Baixada Educação Física	Aterro BH
Indicadores										
Arborização	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2
Mitigação do passivo ambiental	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Uso pela comunidade UFMG	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2
Interesses diversos da Instituição	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2
Somatório dos Indicadores	7	6	6	6	7	7	6	6	5	7
Ponderação Geral	Classificações (8) Indicadores (4) Ponderação = 2									
Índice ambiental-social-político	14,0	12,0	12,0	12,0	14,0	14,0	12,0	12,0	10,0	14,0
Ranking	1°	2°	2°	2°	1°	1°	2°	2°	3°	1°

Por último, foi elaborado o Índice de Sustentabilidade (IS) no intuito de quantificar a sustentabilidade de cada micro-área em relação ao processo de tratamento dos resíduos verdes; e o Quociente de Sustentabilidade (QS) para comparar as pontuações finais das micro-áreas com a área controle, objetivando demonstrar a vantagem locacional destas para a Instituição (Tabela 10).

O IS almeja demonstrar, dentro dos padrões ambientais estabelecidos legalmente em 2009, a conduta ambiental-política que a Instituição deve seguir, horizontalizando a importância deste conceito para a Instituição, isto é, o IS tenta corroborar que a visão ambiental adotada pela UFMG é tão importante quanto à visão política adotada. Deste modo, o Índice de Sustentabilidade é calculado através da somatória do Índice operacional-econômico (IOE) e do Índice ambiental-social-político (IASP).

$$IS = f(\text{IOE}, \text{IASP}) \quad \text{donde:} \quad IS = \Sigma (\text{IOE}, \text{IASP})$$

O Quociente de Sustentabilidade é o IS de cada micro-área em relação ao IS do Aterro. Assim, a leitura do QS é realizada da seguinte maneira:

- ✎ $QS \leq 0,9$; a micro-área não possui vantagens locacionais tão desejáveis, pois tenderá a não promover a ampliação do tratamento dos resíduos verdes gerados dentro do *Campus*, nem tampouco possibilitará a centralização da compostagem.
- ✎ $0,9 < QS < 1$; as vantagens locacionais da micro-área são bastante próximas às do aterro. Quanto mais próximo de 1, mais satisfazem os critérios para receber o novo pátio de tratamento dos resíduos verdes gerados dentro do *Campus*. Portanto, a micro-área com o maior QS (≈ 1) pode ser indicada para transformar-se em pátio de compostagem.
- ✎ $QS = 1$; as vantagens locacionais da micro-área são iguais às do Aterro. Tal área permitirá, facilmente, a ampliação do tratamento de todos os resíduos verdes gerados dentro do *Campus*, bem como a inclusão dos resíduos alimentares. Isso poderá resultar em um aumento produtivo do composto orgânico e, conseqüentemente, na diminuição dos custos com a compra de terra vegetal e adubos orgânicos. Ademais, pode representar menor custo operacional por permitir centralizar todo o processo em uma única área.

TABELA 10: RESULTADOS DOS ÍNDICES, DO QUOCIENTE DE SUSTENTABILIDADE E DO RANKING FINAL.

Micro-áreas	FAE	Entrada CPOR- próx. FAE	CEU	Orla Lagoa – próx. CEU	Mineirão	FUNDEP	Atrás do Forte	Capineira Estação Ecológica	Baixada Educação Física	Aterro BH
Indicadores										
Índice operacional-econômico (IOE)	19,8	26,2	19,8	17,6	26,4	24,2	22	17,6	19,8	26,4
Índice ambiental-social-político (IASP)	14,0	12,0	12,0	12,0	14,0	14,0	12,0	12,0	10,0	14,0
Índice de Sustentabilidade	33,8	38,2	31,8	29,6	40,4	36,0	34,0	29,6	29,8	40,4
Quociente de Sustentabilidade	0,84	0,95	0,79	0,73	1,00	0,95	0,84	0,73	0,74	1,00
<i>Ranking</i>	3°	2°	4°	6°	1°	2°	3°	6°	5°	1°

A Tabela 10 demonstra, claramente, que a escolha do Aterro como área controle foi uma boa opção, conseguindo a maior pontuação (IS = 40,4) e permitindo compará-la com as micro-áreas da UFMG. Indica, também, que possui as várias características selecionadas (como desejadas) para um pátio de compostagem. Contudo, vale lembrar que, neste estudo, não foi considerado qualquer tipo de custos direto (visão econômica detalhada) para utilizar o Aterro como local de tratamento dos RVs, como por exemplo: custo do transporte UFMG-Aterro (ida e volta), taxa de coleta de lixo paga na entrada do Aterro e outros custos que a DAV deveria arcar para direcionar os RVs para o pátio de compostagem. Além do que, esclarece-se que existe uma proibição da SLU (Prefeitura de BH) em dispor os RVs no Aterro. Conseqüentemente, apesar do Índice de Sustentabilidade ser alto, o aterro sanitário de BH foi apenas inserido como parâmetro de controle e comparação, não sendo uma área politicamente correta ou uma escolha locacional possível.

Baseado na pontuação do Aterro e comparando-a com as micro-áreas, temos o *ranking* (Tabela 10) que ordena as micro-áreas, o qual, em ordem decrescente, tem-se como primeiro colocado o Mineirão, seguido pelo empate do CPOR e FUNDEP e, em 3° lugar, FAE empatado com “Atrás do Forte”.

De acordo com a expectativa de ampliação do processo de compostagem em relação à grande quantidade de RVs e ROs (que ainda podem ser tratados) e a vontade do DAV em centralizar

o processo, o 1º lugar – Mineirão – apresenta o tamanho de 5.000 m², área mais que suficiente para as necessidades do DAV. Realmente parece ser o melhor espaço para o novo pátio de compostagem, pois é grande, plana com acesso muito bom e com capacidade para receber futuramente até os resíduos alimentares dos restaurantes setoriais, todavia o investimento com infra-estrutura será maior, pois não possui nenhuma nas proximidades estipuladas.

Conclui-se que, caso fosse apresentado este resultado ao Conselho Universitário, as 03 (três) melhores micro-áreas em condição de utilização para a adequação do tratamento dos RVs e ROs, seriam: o Mineirão com 5.000 m², FUNDEP com 4.875 m² e CPOR com 3.750 m², os quais apresentam tamanhos desejáveis. Contudo, no caso do CPOR, verifica-se, que apesar de contar com infra-estrutura próxima, não possui o tamanho ideal, o que poderá dificultar futuras ampliações do tratamento, porém o tamanho é razoável. Aparentemente, a presença de infra-estrutura, que é um pouco precária (mas utilizável), foi significativa, todavia será necessário um investimento mediano da UFMG. Enquanto que, no caso da FUNDEP, apesar de apresentar tamanho mais do que desejável, devido às outras características Operacional-Econômicas, será necessário que a UFMG invista um pouco mais na área para que se torne operacionalmente capacitada.

É interessante analisar, também, o caso da Capineira da Estação Ecológica que recebeu o menor QS (0,73), junto com a Orla da Lagoa, apesar de representar uma das maiores área selecionada (5.500 m²). Nota-se que seu indicador “tamanho” (com o maior peso 3) não sobrepujou os demais indicadores Operacional-Econômicos, ou seja, apesar do tamanho apresenta mais características indesejáveis do que desejáveis.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Muitas pessoas ainda orientam suas ações, em relação ao meio ambiente, baseadas em conceitos antropocêntricos típicos do início do século passado, isto é, imaginando que, do homem tudo é aceito, se a natureza lhe é adversa transforma-a ao seu juízo, sem pensar nas conseqüências. Apesar do numeroso contingente de indivíduos que ignoram ou menosprezam as conseqüências de seus atos – quase sempre danosos ao meio ambiente, é possível perceber que o número daqueles já conscientes da problemática ambiental, existente no século XXI, cresce cada vez mais. Muitas pessoas e instituições planejam e executam ações com a forte

preocupação de minimizar os impactos ou corrigir os problemas ambientais já existentes, buscando de forma efetiva, a recuperação ou a manutenção de um ambiente adequado ao desenvolvimento sustentável. Um exemplo disso é o trabalho realizado pela UFMG.

Apesar de a Instituição ser grande geradora de diferentes tipos de resíduos sólidos está respondendo à demanda da Superintendência de Limpeza Municipal Urbana (SLU) e dos órgãos ambientais, desde 2004, com suas ações, programas e planos de gestão de todos os RS gerados por ela através do Programa de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) e do Projeto de Destinação dos Resíduos Verdes (PDRV). Em 2009 foi possível observar todos os esforços e os estudos realizados, pois o *campus* Pampulha possui, atualmente, planos e programas efetivos de gerenciamento de seus diversos resíduos sólidos e dos resíduos verdes. De modo geral, as ações implantadas dentro da Instituição, sob a responsabilidade do DSG, são: coleta seletiva; parcerias com as associações de catadores de materiais reciclados; gestão de resíduos químicos; gestão de resíduos radioativos; gestão de resíduos de serviço de saúde; gestão de resíduos sólidos com aquisição de equipamentos tais como lixeiras, contentores e outros; disposição final correta de lâmpadas fluorescentes e vidros através da contratação de empresas especializadas; educação ambiental e compostagem. Assim sendo, demonstra a atitude sócio-ambiental correta à comunidade acadêmica, aos gerentes da UFMG e à vizinhança em torno, através da elaboração e execução dos vários planos de gestão e dos programas de gerenciamento de resíduos sólidos, tanto para os resíduos comuns quanto para os perigosos e os especiais (verdes). Deste modo, a Instituição está contribuindo para o Poder Público, mitigando os impactos ambientais e minimizando o passivo ambiental. Contudo, foi observado que a grande maioria da comunidade universitária desconhece tais ações, sendo necessário e importante divulgar e informar o que tem sido realizado dentro da UFMG.

Além disso, durante o processo de elaboração, planejamento e execução desses planos e programas foi observado que os problemas derivados dos resíduos validam pesquisas e soluções técnicas que se fazem sobre os processos de uso desses recursos. Aprimorando o conhecimento na área de gestão de resíduos sólidos através dos estudos acadêmicos orientados pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da UFMG; e reafirmando o que Lapertosa (2006) mencionou sobre a importância da integração entre o setor administrativo (DAV, DSG) e o acadêmico (DESA). *Link* este que viabiliza ações efetivas com inestimável ganho para a Instituição, bem como reafirma a solicitação do Plano Diretor (de 1998) da UFMG, fornecendo ganhos acadêmicos e práticos. Tal parceria é de extrema importância para o crescente amadurecimento das etapas do gerenciamento, não somente dos RVs como de todos os resíduos, e sua melhor aplicação. A integração e a

participação destes parceiros contribuem para a realização e enriquecimento de todas as ações planejadas; assim como, a revisão permanente dos processos que tenderá a aprimorar sempre o tratamento dos ROs, o qual pode ser estendido para o produto final. Neste contexto, acredita-se que os programas de gerenciamento dos resíduos sólidos demonstram que o modo como se gere os resíduos no *campus* Pampulha constitui, hoje, a melhor solução para a Instituição.

Referente ao gerenciamento dos RVs propriamente dito, os dados numéricos e o Índice de Reciclagem apresentados recomendam uma avaliação mais detalhada sobre a porcentagem dos RVs que ainda são encaminhados para o aterro. Ações que tentem adequá-los no tratamento ou que os reutilize para outros fins devem ser refletidas. Bem como, para os rejeitos da reforma dos jardins (resíduos brutos) devem ser elaborados novos monitoramentos e pesquisas no intuito de reaproveitá-los na compostagem. Fato que oferecerá a vantagem de diminuir os custos com o transporte e com o pagamento de taxa de recebimento de material no Aterro. Já para o caso dos rejeitos da compostagem, provenientes do peneiramento das leiras, ações estão sendo tomadas, acreditando-se que estes serão reutilizados quando do uso do equipamento desintegrador, o qual diminuirá o tamanho destes para serem incluídos no composto produzido.

Somado a isso, deve-se monitorar o processo de biodegradação enfatizando a proporcionalidade e tamanho dos materiais para aprimorar a qualidade do composto orgânico, utilizando, em um futuro próximo, os resíduos orgânicos produzidos nos restaurantes e cantinas, os quais contribuiriam para a quantidade e qualidade do composto, estabelecendo uma relação C/N próxima do ideal no início da degradação; bem como, agilizando o tempo de compostagem. Recomenda-se, também, que outros estudos objetivem a gestão da Qualidade, priorizando o conhecimento qualitativo do composto através de análises laboratoriais, no intuito de aprofundar o controle de qualidade, assim como poder comparar o composto do *campus* com o produzido no aterro sanitário ou com os produtos do mercado, por exemplo.

Em relação ao estudo locacional, os resultados demonstram que a melhor área da UFMG a se transformar no novo pátio de compostagem é a micro-área denominada **Mineirão**, contudo, caso esta não possa ser concedida pelo Conselho Universitário, as micro-áreas FUNDEP e CPOR também servirão como pátio de compostagem. Todavia, a adequação desejável, completa e ideal para o tratamento dos RVs, sem dúvida, é a primeira, pois o Mineirão apresenta vantagem locacional que permitirá, facilmente, o desenvolvimento da base produtiva em longo prazo e a centralização completa do processo. Enquanto que as micro-

áreas FUNDEP e CPOR poderão promover o desenvolvimento da base produtiva; contudo limitadas pelo tamanho para a primeira e pelos elevados custos de instalação para a segunda. No intuito que os resultados aqui demonstrados possam se tornar realidade com a aprovação e concessão de uma das micro-áreas premiadas, recomenda-se pressionar os tomadores de decisão do Conselho Universitário. Para tal, deve-se divulgar, à comunidade universitária, as realizações e resultados dos Planos, Programas e Ações voltados para o tratamento dos RVs, bem como informando a necessidade de incluir na compostagem os resíduos alimentares dos Restaurantes Setoriais e os resíduos animais da Escola de Veterinária.

Também, objetivando fortalecer o resultado em questão, aconselha-se realizar estudos de levantamento da viabilidade econômica, técnica e ambiental da compostagem, aprofundando a análise de custos, planejamento e controle de produção, pois foi observada a necessidade de visualizar, através de monitoramento quantitativo mais detalhado, os custos do processo operacional, e, assim, confirmar a viabilidade da compostagem como a melhor técnica para os resíduos orgânicos e identificar seus benefícios, como a mitigação de um dos passivos ambientais da Instituição.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMO, P.. 2001. Mercado e ordem urbana: do caos à teoria da localização residencial. RJ: Bertrand Brasil: FAPERJ, 2001. 224p.
- AGENDA 21. 2002. **Capítulo 21 – Manejo ambientalmente saudável dos resíduos e questões relacionadas com os esgotos**. RJ: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2002. Disponível em: <http://www.redeagenda21.org.br/agenda_21_global.htm> Acessado em: 07/11/2008
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT Catálogo**. 2009. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/>> Acessado em: 19/12/2008
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2004. **Coletânea Resíduos Sólidos – NBR 10.004, 10.005, 10.006, 10.007**. RJ: Associação Brasileira de Norma Técnicas, 2004. 32p.
- ARAÚJO, V.. 2004. **Gestão de Resíduos Especiais em Universidades: estudo de caso da Universidade Federal de São Carlos**. Dissertação (mestrado). São Carlos: UFSCar, 2004. 154p.
- ARAÚJO, S.M.V.G.. 2005, Interface das Discussões sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos com o Projeto de Lei da Política Nacional de Saneamento Básico e com a Lei dos Consórcios Públicos. C. Legislativa. Brasília: Câmara dos Deputados, 2005.
- AZEVEDO, M.A. 1993. Estudo e avaliação de 4 modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras. Dissertação. BH:DESA/UFMG, 1993. 137p.
- AZEVEDO, J., SILVA FILHO, E.V., DAMASCENO, R.N., 2001, **Valor agrícola e comercial do composto orgânico de resíduo sólidos urbanos da usina de Irajá, município do Rio de Janeiro**. XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, AIDIS – ABES. RS: PUC/RS, 2001. 19p.
- BARROS, R.T.V.. 2000. **Resíduos Sólidos**. BH: DESA/EE/UFMG, 2000.
- BIDDLESTONE, A.J., GRAY, K.R.. 1991. **Introduction to compost principles**. In: Waste not want not Conference, 1991. p. 1-19
- BIDONE, F. 1999. **Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. RJ: PROSAB, 1999.
- BRAGA, T.M.; SIMÕES, R.F.; PAULA, J.A. [coord.]. 1997. **Uma proposta metodológica interdisciplinar**. Cap. 14. In: PAULA, J.A. [coord.]. Biodiversidade, População e Economia: uma região da Mata Atlântica. BH: UFMG/Cedeplar, ECMXC, PADCT/CIAMB, 1997. 671p.
- BRAGA, B. [et al]. 2005. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. SP: Prentice Hall, 2005. 318p.
- D'ALMEIDA, M.L.O., VILHENA, A., 2000, **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2. ed. rev. e ampl., SP: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT-CEMPRE, 2000. 370p.
- DAV - DIVISÃO DE ÁREAS VERDES. 2009. Relatório Anual de Gerenciamento de Resíduos Verdes. Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Especiais da UFMG (PGRSE/DSG/UFMG). BH: Departamento de Áreas Verdes/UFMG, 2009.

- Decreto 86.955/1982.** Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/decretos/decr_86955_82%5B1%5D.pdf> Acessado em: 05/02/2009.
- DSG - DEPARTAMENTO DE SERVIÇOS GERAIS. 2009a. **Quadro síntese dos Planos de Gerenciamento de Resíduos das Unidades do Campus Pampulha:** seus respectivos protocolos na SLU e VISA - de 23-03-2009. Programa de Gestão de Resíduos do Departamento de Serviços Gerais da UFMG (PGR/DSG/UFMG). BH: Departamento de Serviços Gerais/UFMG, 2009.
- DSG - DEPARTAMENTO DE SERVIÇOS GERAIS. 2009b. Relatório Anual dos Programas de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do campus Pampulha. BH: DSG/UFMG, 2009.
- EGREJA FILHO, F. B.. 1993. Avaliação da ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem do lixo domiciliar urbano. Dissertação (Mestrado). Viçosa: UFV, 1993. 176p.
- EPSTEIN, E., WILLSON, G.B., BURGE, W.D., MULLEN, D.C., ENKIRI, N.K.. 1976. **A forced aeration system for composting waste-water sludge.** Journal of Water Pollution Control Federation (48): 688-694. 1976.
- FAPERJ. 2009. **Uma "fazenda de microrganismos" a favor da agricultura.** Disponível em: <http://www.faperj.br/versao-impresao.phtml?obj_id=2866> Acessado em: 26/07/2009
- FEAM. 2009. **FEAM divulga novos dados da disposição de resíduos sólidos urbanos em Minas.** MG, 2009. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/581-feam-divulga-novos-dados-da-disposicao-de-residuos-solidos-urbanos-em-minas>> Acessado em: 26/01/2009.
- FORESTI, E.. 1999. Microbiologia da Digestão Anaeróbia. SP. 1999.
- GAU/PGT/SQA/MMA. 2006. Anteprojeto de Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: MMA, 2006
- GOLUEKE, C.G., DIAZ, L.F.. 1990. **Understanding the basics of composting.** Biocycle. vol, 31. n° 4. p. 56-59. 1990.
- GUIMARÃES, P.. 2003. **Resíduos sólidos gerados em instituições de ensino superior:** um estudo para a UFMG. Dissertação em Saneamento do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG. BH, 2003. 148p.
- HADDAD, P.R. 1989. **Medidas de localização e de especialização.** In: HADDAD, P.R. (org.). Economia Regional: teorias e métodos de análise. Fortaleza: BNB/ETENE, 1989. p. 225-248 (Estudos Econômico e Sociais, 36)
- HOUAISS, 2002. **Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa.** versão 1.0.5a. Instituto Antônio Houaiss, Ed. Objetiva Ltda., Nov-2002.
- HOWARD, A.. 1938. **The manufacture of humus from the wastes of the town and the village.** Journal of the Royal Society of Arts, 1938. p. 279-286.
- IBAMA. 2008. **Biblioteca Digital.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/servicos/biblioteca-digital>> Acesso em 10/Dez/2008.
- IBGE; 2009; **Atlas de Saneamento** – glossário. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/pdfs/glossario.pdf> Acesso em 06/Abr/2009.
- JARDIM, N. S., 1995. **Lixo Municipal:** manual de gerenciamento integrado. SP: IPT-CEMPRE, 1995. 278p.

- KIEHL, E. J.. 1985. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- KIEHL, E.J., 1998. **Manual de Compostagem**: Maturação e Qualidade do Composto. São Paulo, 1998. 171p.
- KRAEMER, E. J.. 2009. **A Universidade do Século XXI Rumo ao Desenvolvimento Sustentável**. AmbienteBrasil. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/educacao/artigos/a_universidade_do_seculo_xxi_rumo_ao_desenvolvimento_sustentavel.html> Acessado em: 27/01/2009.
- LAPERTOSA, A.D., 2006, Subsídios para a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos verdes: o caso da UFMG. Dissertação. BH: DESA/UFMG, 2006. 131p.
- LEMONS, M.B.; ESTEVES, O.A.; SIMÕES, R.F.. 1995. **Uma metodologia para construção de um índice de qualidade de vida urbana**. v. 5, nº 2, Nova Economia: Revista do Departamento de Ciências Econômicas da UFMG. BH: UFMG/FACE/DCE. Dez/1995. p. 157-176
- LEMONS, R.C.; SANTOS, R.D.. 2002. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 4ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83p.
- LOUETTE, A. 2007. **Gestão do Conhecimento**: compêndio para a sustentabilidade: ferramentas de gestão de responsabilidade socioambiental. SP: Anakarana, 2007. 186p.
- MAPA, 2009. **Sistema de Legislação Agrícola Federal - SISLEGIS**, 2008. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do>> Acessado em: 08/03/2009
- MARTINS JURAS, I.A.G.. 2000. **Destino dos resíduos sólidos e a legislação sobre o tema**. C. Legislativa. Brasília: Câmara dos Deputados, 2000.
- MMA. 2009. **Resoluções CONAMA**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=&ano=2008&texto=res%C3%ADduos+s%C3%B3lidos>> Acessado em: 26/07/2009
- MONTEIRO, J.; ZVEIBIL, V.. 2001. **Gestão Integrada de resíduos sólidos**: manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos. RJ: IBAM, 2001. 197p.
- MORATÓ, M.D.C., BERJÓN, M.A., REVUELTA, P.A., 1996, **El compost de residuos sólidos urbanos (R.S.U.) sus características y aprovechamiento en agricultura**. Valencia: Univ. Politécnica de Valencia. Ediciones y Promociones Lav, 1996. 187p.
- NORTH, D.C. 1977. **Teoria da Localização e Crescimento Econômico Regional**. In: SCHWARTZMAN, J. (org.). Economia Regional: textos escolhidos. BH: Cedeplar, 1977. p. 291-314. 480p.
- PEREIRA NETO, J.T.. 1987. **On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting – a low cost technology approach**. Leeds: University of Leeds, 1987. 272p.
- PEREIRA NETO, J.T.. 1989a. **Conceitos Modernos de Compostagem**. RJ: Engenharia Sanitária, abr/jun, 28 (2): 104-109. 1989.
- PEREIRA NETO, J.T., AZEVEDO, M.A., ARAÚJO, E.F.. 1989b. **Importância da fase de maturação nos processos de compostagem**. In: Reunião Anual da SBPC, 41. Fortaleza, 1989. 35p.
- PEREIRA NETO, J.T., STENTIFORD, E.I.. 1989c. **A low cost controlled windrow system**. In: International Symposium in Compost of Solid Waste. Atenas, 1989. 11p.

- PEREIRA NETO, J.T., AZEVEDO, M.A., ARAÚJO, E.F.. 1990. **A co-compostagem do lixo urbano e lodo de esgoto em leiras sob aeração forçada** – considerações gerais. In: Reunião Anual da SBPC, 42. PA. 1989. p. 57-60.
- PEREIRA NETO, J.T., STENTIFORD, E.I.. 1992a. **The main process constraints in composting**. In: Simpósio Italo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. RJ, 1992.
- PEREIRA NETO, J.T.. 1992b. **Composting**. A process for waste reuse in developing countries. In: Mediterranean Conference of on Environmental Geotechnology. Turquia. 1992.
- PEREIRA NETO, J., 1996. **Manual de Compostagem: processo de baixo custo**. Belo Horizonte, 1996. 56p.
- PERLOFF, H.S. 1977. **Características principais do planejamento regional**. In: SCHWARTZMAN, J. (org.). Economia Regional: textos escolhidos. BH: Cedeplar, 1977. p. 415-434. 480p.
- PÓVOA, L.; ANDRADE, M.V. (2006). **Distribuição geográfica dos médicos no Brasil: uma análise a partir de um modelo de escolha locacional**. Cad. Saúde Pública. RJ, 22(8):1555-1564, Ago, 2006. Acessado em 22/Jun/2009.
- SESSO FILHO, U.A., MORETTO, A.C., RODRIGUES, R.L., GUILHOTO, J.J.M.. 2006. **Interações sinérgicas e transbordamento do efeito multiplicador de produção das grandes regiões do Brasil**. Economia Aplicada, SP, v. 10. n. 2. Abr-Jun, 2006. p. 225-247
- SLA/SEMAD/MG. 2009. **Lei Estadual 18.031/2009**. BH: Sistema de Legislação Ambiental da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9272>> Acessado em: 10/05/2009.
- SIMÕES, R.F. 2005. **Métodos de análise regional e urbana: diagnóstico aplicado ao planejamento**. BH: UFMG/Cedeplar. 2005. 31p.
- SLU. 2009. **Compostagem dos Resíduos Orgânicos**. BH: Prefeitura de Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=slu&tax=16513&lang=pt_BR&pg=5600&taxp=0&> Acessado em: 17/04/2009.
- SOUSA, F.L.. 2002. **A Localização da indústria de transformação brasileira nas últimas três décadas**. Texto para Discussão. RJ: BNDES, agosto. 2002. 40p.
- SOUSA, A.H., MARACAJÁ, P.B., SOUZA, J.C., VASCONCELOS, W.E., MAIA, C.E.. 2003. **Produção de biomassa na parte aérea da erva cidreira (Melissa ssp.) em função de doses de esterco bovino, húmus de minhoca, composto orgânico e NPK em casa de vegetação**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 2º semestre, vol. 3, nº 2, Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba. 2003
- STENTIFORD, E.I., PEREIRA NETO, J.T.. 1985. **Simplified Systems for refuse/sludge compost**. Biocycle, 26: 46-49. 1985.
- STENTIFORD, E.I.. 1986. **Recent developments in composting**. In: International Symposium on Compost - Production, Quality and Use. Udine, 1986.

- STRAUCH, M.. 2008. **Instrumentos da Política Ambiental**. In: STRAUCH, M., ALBUQUERQUE, P.P. (org.). 2008. Resíduos: como lidar com recursos naturais. São Leopoldo: Oikos, p. 191-212. 2008. 220p.
- TIGRE, P.B.. 2006. **Gestão da Inovação** - a economia da tecnologia no Brasil. RJ: Elsevier, 2006. 282p.
- TCHOBANOGLIOUS,G. THEISEN,H., VIGIL, S.. 1993. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. New York: McGraw-Hill, 1993. 978p.
- UFMG. 2008a. **Relatório de Gestão. Compromisso público e patrimônio ambiental**. Disponível em: <http://www.ufmg.br/relatoriodegestao/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=37> Acessado em: 10/10/2008.
- UFMG. 2008b. **Conheça a UFMG**. Disponível em: <http://www.ufmg.br/conheca/nu_index.shtml> Acessado em: 10/10/2008
- UNESP. 2009. **Formas de Disposição de Resíduos**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/imagens/residuos/aterro.gif>> Acessado em: 28/04/2009
- VERVIER, J.. 1981. **Elementos de econometria aplicada**. SP: Osmare, 1981. 330p.
- WAKSMAN, S.A.. 1938. **Humus: origin, chemical composition and importance in nature**. Baltimore: William's & Wilkins, 1938. 526p.
- ZHOURI, A.L.M., 2005. **A insustentável leveza da política ambiental: desenvolvimento e conflitos socioambientais**. BH: Autêntica, 2005. 288p.

8 ANEXO I: TABELA DE NORMAS ABNT (2009).

<u>Compostagem</u>	
Normas	Descrição
ABNT NBR 13591:1996	Define os termos empregados exclusivamente em relação à Compostagem de resíduos sólidos domiciliares
ABNT NBR 15448-2:2008	Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis - Parte 2: Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio
<u>Aterro</u>	
Normas	Descrição
ABNT NBR 8849:1985	Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos
ABNT NBR 8419:1992 Versão Corrigida:1996	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos
ABNT NBR 13896:1997	Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação
<u>Resíduos Sólidos</u>	
Normas	Descrição
ABNT NBR 11174:1990	Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes.
ABNT NBR 12980:1993	Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos
ABNT NBR 13463:1995	Coleta de resíduos sólidos
ABNT NBR 8843:1996	Aeroportos - Gerenciamento de resíduos sólidos
ABNT NBR 13332:2002	Coletor-compactador de resíduos sólidos e seus principais componentes - Terminologia
ABNT NBR 14879:2002	Coletor-compactador de resíduos sólidos - Definição do volume
ABNT NBR 14599:2003	Requisitos de segurança para coletores-compactadores de carregamento traseiro e lateral
ABNT NBR 10004:2004	Resíduos sólidos - Classificação.
ABNT NBR 10005:2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido
ABNT NBR 10006:2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.
ABNT NBR 10007:2004	Amostragem de resíduos sólidos.
ABNT NBR 13227:2006	Agrotóxicos e afins - Determinação de resíduo não-volátil
ABNT NBR 13334:2007	Contentor metálico de 0,80 m ³ , 1,2 m ³ e 1,6 m ³ paracoleta de resíduos sólidos por coletores-compactadores de carregamento traseiro - Requisitos
ABNT NBR 13842:2008	Artigo têxteis hospitalares - Determinação de pureza (resíduos de incineração, corantes corretivos, substâncias gordurosas e de substâncias solúveis em água)
ABNT NBR 13221:2010	Transporte terrestre de resíduos

<u>Resíduos Sólidos de Saúde</u>	
Normas	Descrição
ABNT NBR 12807:1993	Resíduos de serviços de saúde
ABNT NBR 12808:1993	Resíduos de serviço de saúde
ABNT NBR 12809:1993	Manuseio de resíduos de serviços de saúde
ABNT NBR 12810:1993	Coleta de resíduos de serviços de saúde
ABNT NBR 13853:1997	Coletores para resíduos de serviços de saúde perfurantes ou cortantes - Requisitos e métodos de ensaio
ABNT NBR 14652:2001	Coletor-transportador rodoviário de resíduos de serviços de saúde - Requisitos de construção e inspeção - Resíduos do grupo A
ABNT NBR 15051:2004	Laboratórios clínico - Gerenciamento de resíduos
ABNT NBR ISO 10993-7:2005	Avaliação biológica de produtos para saúde - Parte 7: Resíduos da esterilização por óxido de etileno
Resíduos Sólidos de Construção Civil	
Normas	Descrição
ABNT NBR 15112:2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15113:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15114:2004	Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos
ABNT NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos

9 ANEXO II: IMAGENS GOOGLE EARTH DAS MICRO-ÁREAS DENTRO DO CAMPUS PAMPULHA

A seguir é apresentada a distribuição das 09 (nove) micro-áreas dentro do *Campus* Pampulha e na sua vizinhança; assim como, as características físicas e delimitações das áreas selecionadas.





Área denominada *FAE*



Área denominada *Entrada CPOR* – atrás da FAE

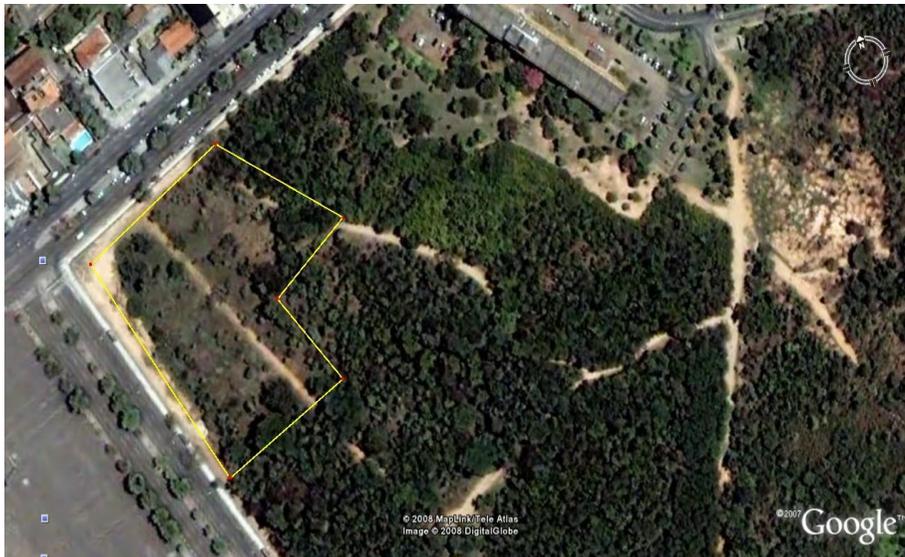


Área denominada *CEU*



Área denominada *Orla da Lagoa* – vizinho do CEU

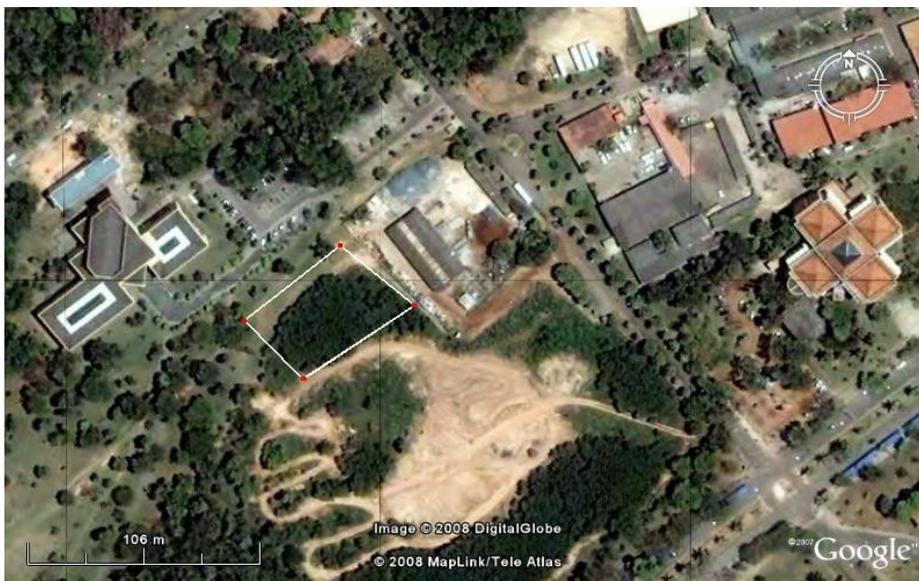
Área denominada *Mineirão* – quarteirão 9



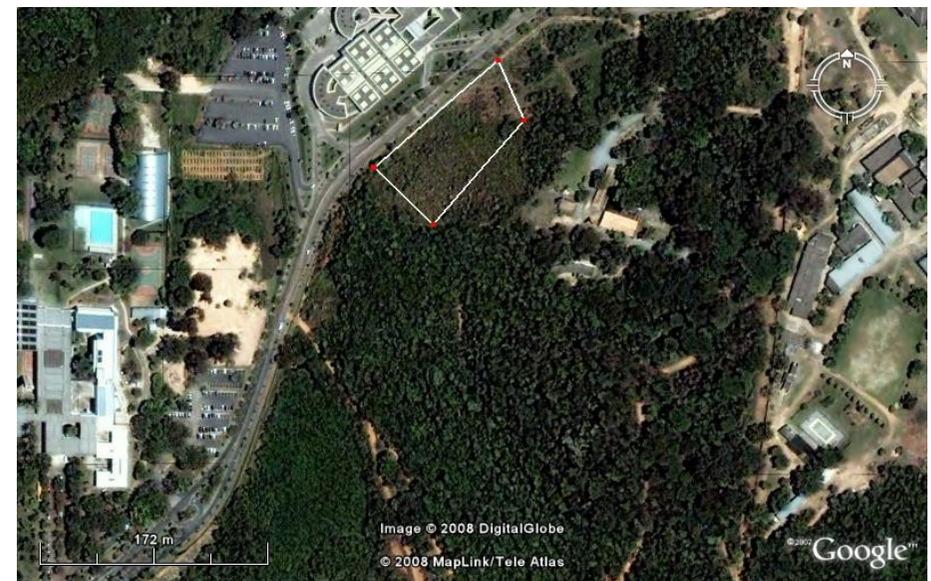
Área denominada *FUNDEP* – quarteirão 9



Área denominada *Atrás do Forte*



Área denominada *Capineira da Estação Ecológica*



Área denominada Baixada da Educação Física



10 ANEXO III: CÁLCULO DIMENSIONAL PARA O NOVO PÁTIO DE COMPOSTAGEM DO CAMPUS PAMPULHA/UFMG

Os gestores dos resíduos verdes produzidos na UFMG concluíram que é necessária a adequação do atual pátio de compostagem. Para tal é necessário que a compostagem mude para uma nova área. Abaixo, é demonstrado o cálculo de dimensionamento para o novo pátio, sendo utilizados os dados fornecidos pela Divisão de Áreas Verdes (DAV, 2009) dos resíduos verdes gerados no *campus*, referentes aos anos de 2006 a 2009.

Para determinar a área do pátio baseou-se na média do volume de resíduo verde que sofre compostagem e a média do volume de esterco animal (de carneiro, doado pela Escola de Veterinária), obtidos ao longo dos 04 (quatro) anos, os quais correspondem ao volume total médio de 4.691 m³/ano (Tabela 1). Considerando que a coleta-geração dos resíduos acontece somente nos dias úteis (250 dias/ano), tem-se 18,8 m³ deste material sendo estocado diariamente no Horto/DAV.

Tabela 1: Volume de RV e esterco ao longo do período de 2006 a 2009.

	Anos (m ³ /ano)				Volume Médio (m ³)
	2006	2007	2008	2009	
Resíduos Verdes Compostados	2680	4154	4706	5005	4136
Esterco	600	660	540	420	555
Volume Total (m ³)	3280	4814	5246	5425	4691

Nas leiras experimentais, que foram poucas durante o ano de 2008 e 2009, o resíduo alimentar (RA) proveniente do Restaurante Universitário era também incluído, o que correspondia em média a 100 kg/leira. Logo, se a densidade do resíduo é de 615 kg/m³, o volume destinado a cada leira era de 0,16 m³. Como o RA não foi incluído durante todo o período do cálculo e nem em todas as leiras, ele será desconsiderado nestes cálculos.

Já o dimensionamento da leira é, normalmente, 1,50 m de altura, 1,50m de largura e 2,50 m de comprimento, correspondendo ao volume de 5,6 m³/leira. Calculando o

volume de cada leira pela quantidade de resíduo estocado diariamente, pode-se montar 3,4 leiras/dia. Ademais, a área a ser ocupada por cada leira corresponde ao seu tamanho (1,5 m x 2,5 m) somado ao espaçamento entre as leiras de 1,00 m (figura 1), representando uma área ocupada de 8,75 m² para cada leira.

Somado a isso, o período da compostagem corresponde a 120 dias, portanto a área total das leiras deve ser de 3.570 m² ($A = 3,4 \times 8,75 \times 120$), equivalendo a uma área de 60m x 60m.

Considera-se, também, uma área de segurança de 1,5 x 1,5 m, semelhante às medidas do pátio atual de compostagem da DAV. Assim, a área total do novo pátio pode ser arredondada para 4.000 m², o suficiente para receber todo o volume dos resíduos mencionado nestes cálculos. Vide esquema do novo pátio na figura 1.

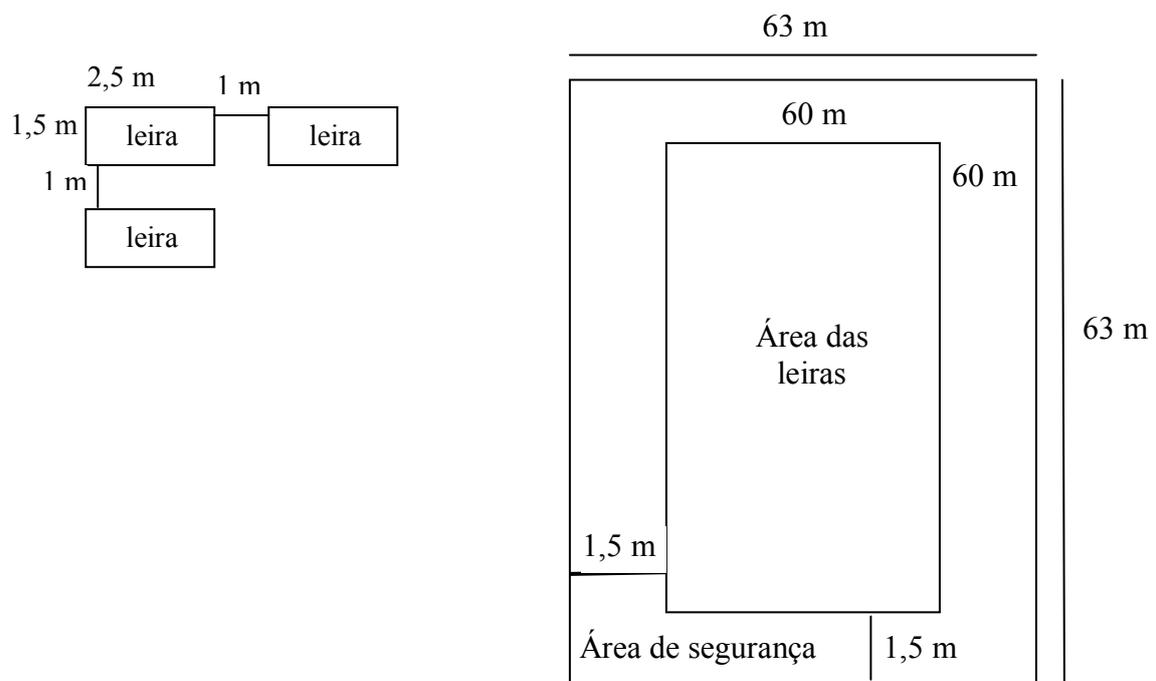


Figura 1: Esquema do novo pátio de compostagem, após cálculos.