

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA – IG**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA**  
**CAMPUS MONTE CARMELO**

**RAPHAEL MUNDIM RODRIGUES**

**LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DA ÁREA NÃO UTILIZADA DO ATERRO  
SANITÁRIO DE MONTE CARMELO - MG**

**MONTE CARMELO - MG**

**2018**

**RAPHAEL MUNDIM RODRIGUES**

**LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DA ÁREA NÃO UTILIZADA DO ATERRO  
SANITÁRIO DE MONTE CARMELO - MG**

Relatório técnico apresentado pelo graduando Raphael Mundim Rodrigues, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Ismarley Lage Horta Moraes

Coorientadora: Profa. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva

**MONTE CARMELO - MG**

**2018**

**RAPHAEL MUNDIM RODRIGUES**

**LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DA ÁREA NÃO UTILIZADA DO ATERRO  
SANITÁRIO DE MONTE CARMELO - MG**

---

Prof. Dr. Ismarley Lage Horta Morais, UFU  
(Orientador)

---

Profª. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva, UFU  
(Coorientadora)

---

Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil, UFU  
(Membro Convidado)

Homologado pelo Colegiado do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica em:

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

---

Coordenador do Curso de Engenharia  
de Agrimensura e Cartográfica

**MONTE CARMELO – MG**

**2018**

## RESUMO

A problemática apresentada neste trabalho veio se concretizando através dos anos, devido ao desenvolvimento humano e industrial no mundo. Durante a Idade Média a humanidade se viu diante de epidemias ainda desconhecidas. Estas recebiam a denominação de pragas e pestes, que decorriam de problemas interligados ao desenvolvimento da humanidade e à disposição final incorreta e abusiva, dos resíduos sólidos produzidos. Os aterros sanitários contribuem para minimizar problemas advindos da geração deste tipo de resíduo, portanto, sua operação deve ser adequada. O objetivo deste trabalho é analisar o relevo da área inutilizada do Aterro Sanitário do Município de Monte Carmelo – MG. O estudo dividiu-se em três etapas principais: 1- Levantamento bibliográfico: levantamento de materiais relacionados a técnicas, tratamento e disposição de resíduos sólidos do município e informações sobre a área total e o entorno do Aterro Sanitário; 2 - Levantamento de campo: realizada as visitas para o levantamento total da área do aterro e a parcela de estudo (área inutilizada); 3 - Análise dos resultados: realizada a coleta dos dados, onde os mesmos foram tratados por softwares responsáveis pela manipulação de dados altimétricos e topográficos, tais como: ARCGIS, QGIS e TOPOGRAPH, gerando assim produtos cartográficos, curvas de nível e perfis topográficos para o cálculo de volume. Identificou-se que o Aterro Sanitário com suas instalações ocupa uma área total de aproximadamente 150.000 m<sup>2</sup>, recebendo diariamente 60 toneladas de resíduos sólidos. Comprovou-se a presença de uma área inutilizada no aterro, a qual pode ser utilizada para recebimento de resíduos sólidos. No entanto, o dimensionamento simplificado da área indicou que esta área é insuficiente para ampliar a vida útil do aterro, visto que comportaria o recebimento de resíduos por apenas alguns dias. Em função das dimensões reduzidas e das recomendações de declividade dos taludes do aterro, seria possível a formação de apenas duas camadas de resíduos que permitiriam a deposição de um volume igual a 3.804 m<sup>3</sup>. Portanto é necessário um acompanhamento na política de gestão do aterro abrangendo um acompanhamento técnico da área total útil e da área inutilizada, para um melhor condicionamento de volume de resíduos sólidos e conseqüentemente uma mínima degradação do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Aterro sanitário. Resíduos sólidos. Urbanos. Saneamento básico

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de execução do trabalho.....	11
Figura 2 - Mapa da área de estudo.....	15
Figura 3 – Estaqueamento .....	21
Figura 4 – Curvas de nível.....	22
Figura 5 – Representação do estaqueamento para a época (dia) n .....	23
Figura 6 – Representação do estaqueamento para a época (dia) n+1 .....	23
Figura 7 – Perfil topográfico .....	23
Figura 8 – Representação das camadas (células) de depósito dos resíduos no aterro sanitário. Cada camada terá 5m de altura e inclinação dos taludes de 1:1 .....	25
Figura 9 – Dimensões da primeira camada do aterro. O retângulo externo (linhas contínuas) representa a base da camada e o retângulo interno (linhas tracejadas) representa o topo .....	26
Figura 10 — Dimensões da segunda camada do aterro. O retângulo externo (linhas contínuas) representa a base da camada e o retângulo interno (linhas tracejadas) representa o topo .....	27

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos equipamentos utilizados em campo.....	16
Quadro 2 – Dados de campo .....	19
Quadro 3 – Dados referentes ao corte e aterro .....	20

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>DMAE</b>	Departamento Municipal de Água e Esgoto
<b>GNSS</b>	<i>Global Navigation Satellite System</i>
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>RN</b>	Referência de Nível
<b>RSU</b>	Resíduos Sólidos Urbanos
<b>RTK</b>	<i>REAL-Time Kinematic</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	10
2.1	Objetivo geral .....	10
2.2	Objetivos específicos .....	10
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	10
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
4.1	Caracterização da área de estudo .....	13
4.2	Equipamentos utilizados .....	16
4.3	Métodos .....	16
4.3.1	Planejamento do levantamento de campo .....	16
4.3.2	Métodos para a aquisição dos dados de campo .....	17
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	17
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	28
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A destinação final dos resíduos sólidos gerados nas áreas urbanas constitui-se em um dos grandes problemas da gestão pública em todo o mundo, não apenas devido à quantidade diária de lixo acumulada, mas também ao impacto que causa ao meio ambiente. No Brasil, as soluções para essa problemática cabem, por competência constitucional, aos executivos municipais. Ocorre que na maioria das vezes, os sistemas de gerenciamento dos resíduos urbanos, praticados nos municípios brasileiros são ineficazes, sob o ponto de vista ambiental, ineficientes, sob o prisma técnico e também antieconômico. Os órgãos de controle que sejam da área ambiental, ou do poder executivo, como é o caso das Prefeituras, têm papel preponderante na garantia do bom desempenho desses sistemas, e precisam contar com ferramentas para combater o problema (NOGUEIRA, 2001).

Descobre-se que, mesmo em países desenvolvidos, se não houver disponibilidade financeira e educação preventiva, inviável sanar as carências em saneamento, mesmo existindo o domínio das tecnologias em direção ao problema, ainda existe a insuficiente para a superação das carências da sociedade, que mantêm suas culturas e costumes (SCHALCH et al., 2002, p.03).

Para analisar todo o ciclo de resíduos sólidos, ou seja: da coleta até sua disposição final é necessário que aborde o conceito de “saneamento básico”.

O saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal e definido pela Lei nº. 11.445/2007 e composto pelos seguintes elementos, a atividade de coleta e tratamento de esgoto, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, o abastecimento de água potável e manejo de água pluvial além do controle de pragas, como qualquer tipo de agente patogênico, visando à saúde e bem-estar das comunidades.

Um aterro sanitário pode ser definido como um equipamento urbano de infraestrutura, integrante de um sistema de engenharia sanitária e ambiental, destinado à disposição final e tratamento dos resíduos sólidos, de forma a permitir que os mesmos sejam confinados sob o solo, e que os líquidos e gases resultantes das reações químicas que resultem dos processos de decomposição sejam devolvidos ao meio ambiente com o mínimo de impacto. Consiste numa área delimitada (cercada), onde estão dispostas estrategicamente todas as partes do aterro, as quais, em geral, são: sede administrativa equipamentos de controle; vias internas; garagens para veículos e utilitários; galpões de triagem, trincheiras ou valas para depósito dos resíduos; sistema de tratamento final.

No Brasil não foi diferente a mesma linha foi tornando-se um grande problema, porém nos países desenvolvidos a questão tomou proporções inferiores aos países subdesenvolvidos (LEMOS, 2011, p. 01). Este problema então teve que ser estudado para que, posteriormente, tivesse uma forma de ser contido e esta forma foi intitulada como saneamento básico, entendido como conceito. Baseado nesse conceito, a Lei 11.445/2007 do Saneamento Básico dispõe sobre o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas. Para que este conceito fosse aplicado positivamente atingindo seu total aproveitamento, muitas teorias foram traçadas e posteriormente descartadas e outras se tornaram base para a resolução dos problemas causados pelo descarte e manutenção inadequada dos resíduos sólidos produzidos pela atividade humana.

A preocupação com a destinação dos resíduos sólidos urbanos veio a partir das políticas públicas de saneamento básico, ou seja, o direito de abastecimento de água potável e serviço de saneamento básico, a limpeza urbana e o manejo adequado para o destino final dos resíduos sólidos produzidos pela sociedade. Lembrando que as políticas públicas de saneamento são essenciais para a promoção da saúde e da qualidade de vida nas comunidades.

Diante disto, pode-se inferir que a situação vem se agravando com a presença de resíduos industriais e de serviços de saúde em muitos depósitos de resíduos domiciliares, e, não raramente, com pontos de descargas clandestinas (SCHALCH et al., 2002).

De acordo com as leis dos resíduos sólidos as prioridades e gerenciamento dos mesmos tem a seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, tratamento e disposição final. As tecnologias que visam atender esses conceitos citados buscam a recuperação energética desde que seja comprovado a viabilidade técnica e ambiental, com implantação de programas de monitoramento a emissão de gases tóxicos.

Já o Aterro Sanitário é uma técnica de disposição de resíduos sólidos projetado para receber o lixo produzido pelos habitantes de uma cidade, com base em estudos de engenharia, para reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente. Atualmente é uma das técnicas mais seguras e de menor custo.

Preferencialmente, deve possuir uma vida útil superior a 10 anos, prevendo-se ainda seu monitoramento por alguns anos após o seu fechamento. No processo de decomposição dos resíduos sólidos, ocorre a liberação de gases e líquidos (chorume ou percolato) muito poluentes, o que leva um projeto de aterro sanitário a exigir cuidados como técnicas de engenharia para uso do solo, implantação de sistemas de reaproveitamento de áreas inutilizadas no aterro, evitando uma possível contaminação da água, do solo e do ar.

Os resíduos da atividade humana vêm se acumulando e degradando o ambiente natural, o que faz com que os recursos fiquem mais escassos e conseqüentemente mais caros, o que ocorre é que a maioria da população não se preocupa com a quantidade de material descartável que gera e continua a utilizar mais do que a reciclar, sacos plásticos, metais, eletrônicos, que com o advento da modernidade se tornam rapidamente defasados, madeira, vidro, além do desperdício de alimentos e de muitos outros materiais que rapidamente são considerados inúteis, indesejáveis ou descartáveis.

Assim podemos intuir que, neste circuito, devem-se incluir procedimentos diferenciados: coleta seletiva, processos de compostagem, tratamento térmico etc., mas que frequentemente esses processos são mal planejados, o que dificulta a operação tornando este processo inviável financeiramente para alguns municípios ou mesmo insuficientes ao prazo planejado.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral analisar como a área inutilizada do Aterro Sanitário do município de Monte Carmelo – MG pode estar repercutindo não só na vida útil do mesmo, mas também na questão social e ambiental, baseando-se na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

### **2.2 Objetivos específicos**

A partir dos dados obtidos pelo levantamento em campo, os objetivos específicos foram:

- Medir a extensão da área inutilizada dentro da totalidade do aterro.
- Determinar o volume de resíduos que podem ser dispostos e o aumento de vida útil do aterro.

## **3 JUSTIFICATIVA**

O trabalho justifica-se pelo fato do Aterro Sanitário do município de Monte Carmelo, não utilizar sua totalidade o que reflete em uma diminuição da vida útil do aterro acarretando impactos socioeconômicos e ambientais, necessitando assim de uma proposta para que esta condição seja revertida em fatores positivos.

Com o crescimento da cidade e o aumento do volume de lixo produzido diariamente é fundamental que o espaço seja aproveitado em sua totalidade. Um aterro é dividido por partes de acordo com o seu projeto. No caso de Monte Carmelo foi subdividido em quatro partes. Primeiro é feita a impermeabilização, a compactação e ali se armazena lixo até completar a área. Depois disso, é preciso abrir o segundo quarto e reiniciar todo o processo e assim sucessivamente. Quando a área é totalmente preenchida, o DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto) faz a compactação e finaliza.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A seguir serão apresentados todos os materiais e metodologia que se fez o trabalho de planejamento e levantamento dos dados brutos como coordenadas para o alcance final de uma verificação da quantidade de lixo que o aterro deixaria de receber. O processo efetuado e o material utilizado para a importação dos dados, bem como o uso de equipamentos e softwares são descritos. A Figura 1 ilustra o fluxograma de todas as etapas desenvolvidas neste trabalho.

Figura 1 – Fluxograma de execução do trabalho



Fonte: o autor (2018).

- **Escolha da Área de estudo**

O município de Monte Carmelo possui apenas um aterro sanitário no qual é destinado o lixo, desde a coleta até o seu descarte. Deve-se mencionar que há uma área deste aterro que não é utilizada para esse fim, bem como esse município não dispõe de coleta seletiva de lixo.

- **Planejamento da medição da área**

Antes de se executar toda a coleta dos dados brutos (coordenadas) é padrão se analisar a área de trabalho obter um melhor produto final, assim onde se deve colocar o material utilizado até a rota do levantamento. Para isto, foi disponibilizado pela prefeitura documentos referentes ao projeto do aterro sanitário.

- **Visita prévia ao local**

Foram efetuadas visitas e reuniões com os responsáveis do aterro para saber toda a parte funcional diária do mesmo, verificando no local possível obstrução na área de estudo, tendo em vista que o aterro sanitário é um local com movimentação e fluxo diário de material depositado e logístico de maquinário e profissionais atuantes no local.

- **Identificação dos pontos de interesse**

Ao realizar as visitas no local, efetuou-se a identificação dos pontos de interesse de modo satisfatório tanto para o estudo quanto para a não obstrução das atividades no local os quais houve o desenvolvimento do levantamento.

- **Obtenção de dados de campo**

Após ter realizado todo o procedimento de verificação e estudo da área decidiu-se os locais adequados para o caminhar do levantamento, realizando o processo de importação de dados.

- **Estaqueamento dos pontos de interesse na área**

Tendo realizado a importação dos dados de campo, efetuou-se a materialização dos pontos de interesse com estacas.

- **Nivelamento Composto**

Para a importação dos dados, utilizou-se o nivelamento composto, de acordo com a NBR 13133 (1994, p.34.), consiste em:

Nivelamento: realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.

- **Processamento dos dados**

Efetuada todo o levantamento em campo, realizou-se o refinamento dos dados por meio de *software TOPOGRAPH*. Utilizado para a junção dos pontos validos em campo bem como o cálculo de volume, o que permite realizar o cálculo de corte e de aterro da área de interesse do terreno em relação ao plano horizontal o qual é feito o somatório dos volumes de prisma de base triangular. Para a obtenção desses prismas, cada triangulo da malha triangular foi verificado. Todo o cálculo é descrito pelo método de *Bezout* e, para tal processo, fez-se a introdução de cadernetas criadas a partir dos dados de campo para a obtenção do produto final. Houve também a verificação dos dados para se detectar erro grosseiro e se o levantamento atendia a norma NBR 13133 (NBR13.133, 1994).

#### **4.1 Caracterização da área de estudo**

A área de estudo trata-se de uma parcela do aterro sanitário de Monte Carmelo que está à distância 6.06km da cidade a partir da rotatória que dá acesso a Universidade Federal de Uberlândia Campus Monte Carmelo-MG (Figura 2).

Esse mesmo utilizado por meio de concessão na qual o órgão responsável DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto) tem que dispor de manutenção do local e de seus equipamentos empregados, para todo o procedimento de coleta a sua destinação. O aterro sanitário e suas instalações possuem aproximadamente 15 hectares, tendo seu acesso feito

pela rodovia estadual MG-190 que interliga a região com a rodovia BR 365. Além disso, são inexistentes áreas urbanas próximas ao aterro.

O principal corpo d'água próximo a esta área recebe o nome de rio Perdizes que fica localizado a uma distância segura do aterro. O mesmo é utilizado principalmente para dessedentação de animais. Na região predominam-se atividades rurais, principalmente a criação de gado. Tanto a montante como a jusante, o uso predominante do solo é para plantação de capim para pastagens, com matas remanescentes e algumas pequenas áreas de plantações de cultura.

Figura 2 - Mapa da área de estudo



A área de estudo, é uma parcela conjunta à área útil do Aterro Sanitário, situada na zona de expansão do município, a proximidade de 6.06 quilômetros da cidade, próximo às coordenadas 18°42'12,87''S e 47°28'40,69''W. Compõe-se de uma área de aproximadamente 750 m<sup>2</sup> com declividade máxima de aproximadamente 4,10 m.

## 4.2 Equipamentos utilizados

Para o levantamento em campo utilizaram-se um nível óptico e seus acessórios, ou seja: tripé e régua estadimétrica graduada, além disso, utilizaram-se ferramentas para materialização do caminhamento de estudo tais como: martelo e estacas de madeira de 0,80 cm de comprimento. As características desse equipamento estão disponíveis no Quadro 1:

Quadro 1 – Características dos equipamentos utilizados em campo

Equipamento	Descrição
Nível Stonex - série Stal 232	Precisão de 1 mm para leituras feitas até 1km de distância
Régua Estadimétrica Graduada	Utilizada nas visadas do nivelamento
Tripé de Base	Utilizado como suporte de altura do nível Stonex
Régua Estadimétrica Graduada	Utilizada para a leitura em campo
Martelo	Utilizado para fixar as estacas na área de estudo
Estacas de madeira	Utilizada para materializar os pontos na área de estudo

Elaboração: o autor.

Foram disponibilizados pela prefeitura documentos da área estudada, dados estes necessários para visualizar a área destinada ao aterro sanitário.

## 4.3 Métodos

### 4.3.1 Planejamento do levantamento de campo

Inicialmente foi feito o reconhecimento da área de estudo, no qual foi possível realizar o planejamento do estaqueamento, bem como do levantamento realizado. Dessa maneira, foram definidas as dimensões na qual as estacas seriam fixadas no terreno, para facilitar o trabalho de mobilidade do fluxo diário.

O estaqueamento não foi definido em forma regular, o terreno apresenta uma parte com declividade, portanto foi definido em forma de quadrícula. A definição do local para

instalação dos equipamentos foi definida conforme a necessidade de se garantir a intervisibilidade entre o nível e toda a extensão da área a ser levantada nas etapas do nivelamento geométrico.

#### 4.3.2 Métodos para a aquisição dos dados de campo

- 1ª Etapa – Revisão Bibliográfica: levantamento de bibliografias sobre os temas: coleta, disposição e tratamento de resíduos sólidos do município de Monte Carmelo, procedimentos para construção de aterros sanitários e informações locais sobre a área e o entorno do aterro sanitário.
- 2ª Etapa – Levantamento de campo: foram feitas visitas na área do aterro sanitário e seu entorno, sendo efetuados levantamentos em relação à verificação de sua totalidade do aterro sanitário.
- 3ª Etapa – Análise dos Resultados: os dados coletados em campo foram transferidos para o computador, sendo a fonte para dois produtos: curvas de nível referentes à parcela da área inutilizada para em seguida gerar um perfil topográfico da área de estudo.

Todos os equipamentos utilizados no estudo foram disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Monte Carmelo - MG, inclusive cedido por esse órgão o transporte até o local, equipamentos e funcionários do setor da secretaria de planejamento, obras/infraestruturas, orçamento e ambiente apoiou o processo de coletas dos dados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram estabelecidas as necessidades na primeira etapa a partir da adequação do município de Monte Carmelo à Lei Federal nº 12.305/10 – Política Nacional de Resíduos Sólidos, por meio deste, surgiu o interesse em investigar a possibilidade de construir um aterro sanitário no município, levando-se em conta seus problemas territoriais, concomitantemente à gestão dos recursos hídricos.

Observando os dados originais do projeto desse aterro, constatou-se que a sua vida útil é de 20 anos (AMVAP, 2009) e os dados possibilitaram ter o volume acumulado de Resíduos

Sólidos Urbanos (RSU), que serão dispostos no aterro sanitário até o seu encerramento. A partir da identificação de área disponível para uso, conforme macrozoneamento do Plano Diretor Municipal observaram-se os distanciamentos de 500 m de núcleos urbanos; 200 m de cursos d'água relevantes, ambos definidos pela NBR 13.896/97 (NBR 13.896, 1997), e o raio de 20 km de aeroportos, conforme Resolução CONAMA 4/95" (MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2018).

Para que haja um estudo para implantação de um aterro sanitário, seja ele em um município de pequeno, médio ou grande porte, é necessário levar em consideração os dados do levantamento topográfico devendo atentar, entre outras coisas, com áreas com declividade máxima de 10%, desconsiderando áreas de topo de morros e de pouca estabilidade.

Além disso, observaram-se os dados apresentados pelo estudo pedológico, considerando solos argilosos e homogêneos, e desconsiderando solos arenosos muito permeáveis, com rochas aflorantes e matacões (LEMOS, 2011). Não se deve desobedecer às leis quanto à delimitação de distâncias de corpos hídricos, para garantir que o procedimento de implantação respeite rigorosamente a distância mínima de segurança de 200 metros.

Lemos (2011, p.09) complementa ainda dizendo que:

Um município de pequeno porte deve proceder da seguinte maneira para instalar um aterro sanitário. Primeiro passo é solicitar uma empresa ou os técnicos do município que façam um levantamento de potenciais áreas para instalação do aterro, nesse estudo deve conter o levantamento topográfico com a utilização de teodolito e montagem de uma carta planimétrica, o estudo pedológico com ensaios geotécnicos de caracterização para determinar as características morfológicas, químicas, físicas e minerais, a delimitação de distância de corpos hídricos, o ensaio de sondagem à percussão (SPT) para reconhecimento do subsolo e um estudo que determine a direção dos ventos.

É de extrema importância o acompanhamento do processo de implantação do aterro sanitário por uma equipe multidisciplinar. O estabelecimento de tarefas de cada componente das equipes encarregadas da construção, operação e manutenção do aterro é de fundamental importância, tendo em vista a preservação ambiental da área onde o aterro será implantado.

Apesar de ser fundamental que a área do aterro sanitário seja aproveitada em sua totalidade, não é o que se encontra na realidade atual do município, pois existe uma parcela da área onde não ocorreu um acompanhamento técnico eficaz para mensuração da mesma tendo como consequências inutilização da área, minimizando a vida útil do aterro, o que acarreta um planejamento prematuro da escolha de outra área para disposição final dos resíduos sólidos, que gera maior custo para o município além de impactos socioambientais. Partindo-se para a

segunda etapa da metodologia, a realização do nivelamento em campo e o cálculo do nivelamento geométrico foi utilizado como modelo de planilha do Quadro 2.

Quadro 2 – Dados de campo

Ponto visado	Distância à ré (m)	Visada à ré (m)	Visada à vante (m)	Distância à vante (m)	Cota (m)
<b>P-conhecido 001</b>	10,90	0,891 0,828 0,762	-	19,95	870,500
<b>P-01</b>	19,95	1,497 1,398 1,301	1,589 1,528 1,468	29,80	869,356
<b>P-02</b>	29,80	0,783 0,653 0,525	1,866 1,768 1,669	39,10	858,937
<b>P-03</b>	39,10	1,942 1,763 1,581	2,042 1,918 1,795	49,10	867,669
<b>P-04</b>	49,10	1,613 1,522 1,436	0,860 0,685 0,501	59,10	858,743
<b>P-05</b>	59,10	1,642 1,548 1,455	1,365 1,271 1,18	69,20	855,995
<b>P-06</b>	69,20	0,346 0,218 0,199	1,145 1,052 0,96	79,10	869,498
<b>P-06</b>	79,10	0,834 0,548 0,263	0,934 0,764 0,589	89,15	869,495
<b>P-05</b>	89,15	1,298 1,174 1,052	2,382 2,146 1,818	99,05	857,943
<b>P-04</b>	99,05	2,148 2,029 1,913	0,984 0,868 0,749	109,40	868,249
<b>P-03</b>	109,40	1,372 1,276 1,168	1,152 1,034 0,917	119,65	859,244
<b>P-02</b>	119,65	1,552 1,487 1,406	1,286 1,185 1,084	129,20	869,329
<b>P-01</b>	129,20	1,212 1,147 1,083	1,208 1,131 1,053	-	859,678
<b>P-conhecido 001</b>	-	-	0,886 0,824 0,769	-	870,499

Elaboração: o autor.

Diante de calcular o volume de terra a ser movimentado, é efetivado o levantamento topográfico do solo. Com os dados relativos à superfície do terreno, o volume de corte ou aterro pode ser calculado com considerável precisão, onde se tem por resultados obtidos perante meio de um cálculo simples de desnível, no qual é dado como desnível igual a ré da visada do terro menos a vante do próximo ponto a ser coletado no terreno. Como observamos no Quadro 3.

Quadro 3 – Dados referentes ao corte e aterro

Estaca	Cota	Corte	Aterro
-	870,50	-	-
N01	860,50		1,95
N02	859,50		2,18
N03	858,50		2,45
N04	857,50		2,62
N05	856,50		3,01
N06	855,50		3,57

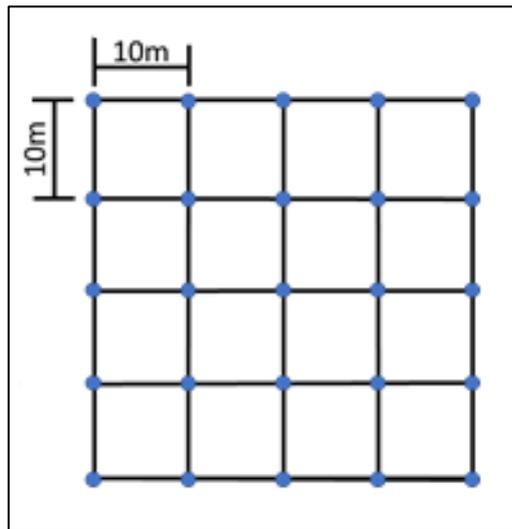
Elaboração: o autor.

Pontuando-se em tópicos, obtiveram-se os dados da seguinte maneira:

- Por meio do *TOPOGRAPH*, as cotas dos pontos nivelados, sendo necessário a priori, conhecer-se á do ponto inicial, definida de forma arbitrária e se obteve o cálculo do volume, o qual se indefere em relação à cota de referência. Portanto, após a definição da cota o ponto de origem do nivelamento, passa a chamar-se de RN (Referência de Nível).
- Para a RN foi então o valor de cota 20,34 metros, sendo esta levada em consideração o topo do aterro sanitário, e suas bordas, trazendo continuamente o nivelamento até a área de estudo onde foi encontrada a cota de 9,62 metros com desnível de 10,72 metros.

O nivelamento gerou um caminhamento com pontos levantados e equidistância entre os pontos de 10 metros, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Estaqueamento



Elaboração: o autor.

Para a análise dos resultados propostos na terceira etapa, realizou-se o levantamento da área de estudo, iniciando a parte de processamento dos dados de campo, através do software *TOPOGRAPH*.

O mesmo exclusivamente foi utilizado para transferência dos dados do equipamento e conseqüentemente criar-se a tabela de seções permitindo o cálculo de volume e de locação dos pontos para efetuar a terraplanagem da área de estudo e a visualização gráfica das seções transversais do traçado de estudo, bem como a confecção de curvas de nível para visualização altimétrica do terreno de estudo, como ilustra a Figura 4. Posteriormente, para resultar nos volumes diários de alteração no aterro, foram efetuadas as campanhas para a coleta de cotas, as quais podem ser descritas nas Figuras 5 e 6, e resultando o perfil topográfico do desnível da área de estudo mostrado na Figura 7. A topografia da área do aterro sanitário apresenta uma declividade no sentido noroeste-sudeste; a diferença máxima encontrada entre cotas é de 15 metros.

Figura 4 – Curvas de nível

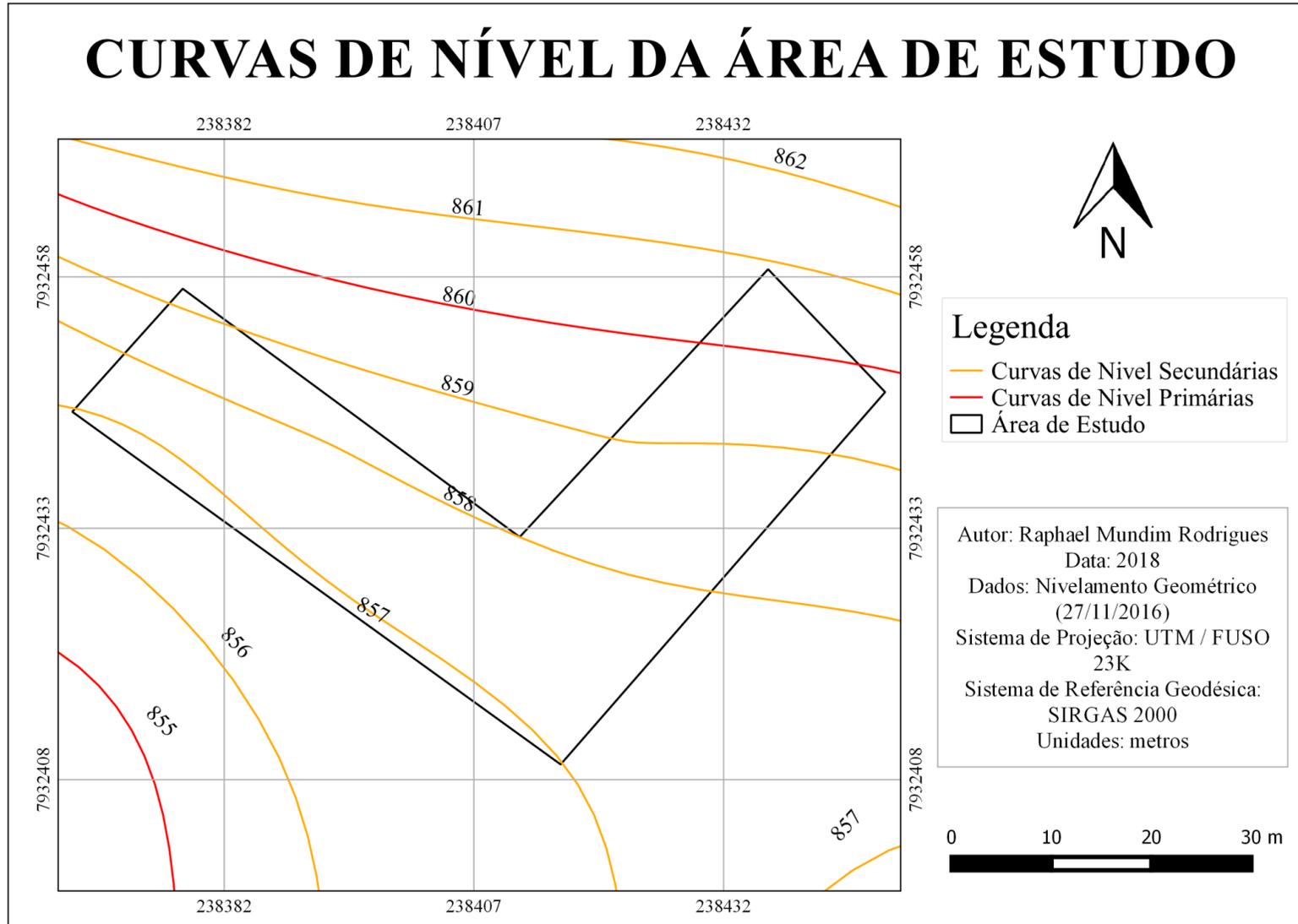
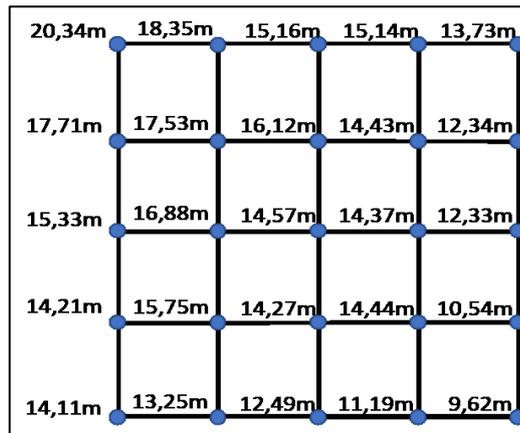
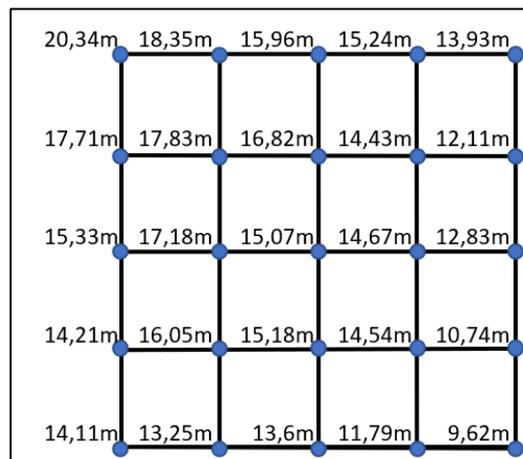


Figura 5 – Representação do estaqueamento para a época (dia) n



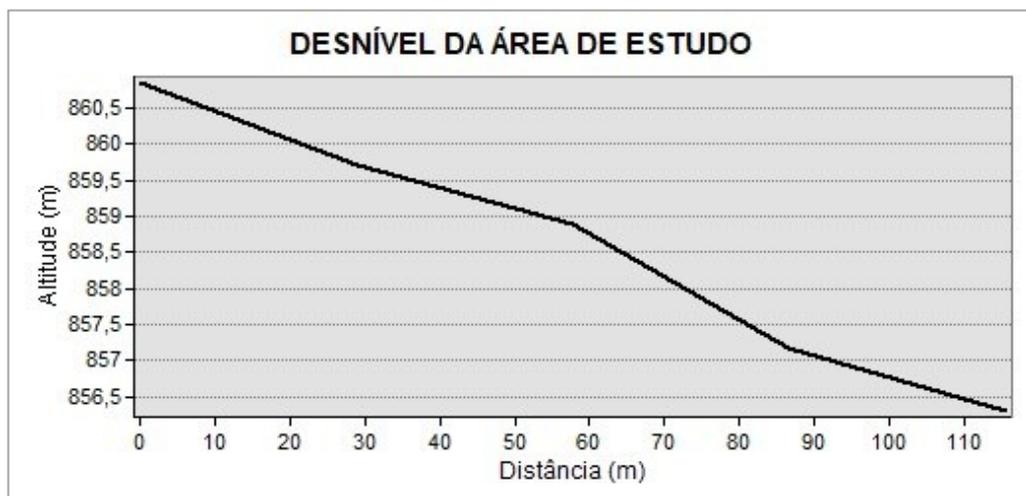
Fonte: o autor (2018).

Figura 6 – Representação do estaqueamento para a época (dia) n+1



Fonte: o autor (2018).

Figura 7 – Perfil topográfico



Elaboração: o autor.

O perfil topográfico indica um desnível de aproximadamente 4m ao longo da área de estudo e direção de declividade nordeste-sudoeste. Para a instalação do aterro, é necessário fazer a terraplanagem do terreno. O material retirado do solo pode ser estocado e utilizado no próprio aterro como camada de recobrimento dos resíduos.

Após o levantamento topográfico da área de estudo, foi realizado um dimensionamento simplificado da utilização desta área para ampliação do aterro sanitário. Vale ressaltar que o dimensionamento incluiu apenas a disposição de resíduos e não foram consideradas as estruturas necessárias para coleta de efluentes líquidos (chorume) e de gases produzidos durante a decomposição dos resíduos.

Os dados do DMAE estimam um valor mensal de 46.200 m<sup>3</sup> de resíduos no município de Monte Carmelo, o que corresponde a uma geração de 1.540 m<sup>3</sup> por dia. Pode-se afirmar que o aterro sanitário utiliza como processo de compactação de resíduos sólidos 5 (cinco) camadas, onde cada camada possui uma altura média de 5 metros, sendo 4 metros de resíduos e 1 metro de aterro (camada de recobrimento). As informações obtidas no estudo e os respectivos cálculos de volume são apresentados a seguir:

- População: 53.151 habitantes;
- Massa específica: 0,6 toneladas/m<sup>3</sup>;
- O recalque máximo na massa de resíduos após sua decomposição: 30%;
- Volume do resíduo gerado: 1.540m<sup>3</sup>/diários;
- Vida útil: 20 anos do Aterro Sanitário - Monte Carmelo;
- Altura do empilhamento de resíduos sólidos: 5 metros.

Para o dimensionamento do aterro será considerada uma vida útil de 20 anos, conforme projeto atual do município de Monte Carmelo. Dessa forma, o volume total de resíduos sólidos que serão encaminhados nesse período para a área proposta é de:

Volume total de resíduos sólidos em 20 anos: 1.540m<sup>3</sup>/dia x 20 anos x 365 dias/ano;

Volume total de resíduos em 20 anos: **11.242.000m<sup>3</sup>**.

Devido às características dos resíduos sólidos urbanos, a decomposição da matéria orgânica e compactação realizada durante a operação, os resíduos sofrem, em média, uma redução de 30% em seu volume. Dessa forma,

Volume de resíduos após redução de 30%: 11.242.000 x 70% = **7.869.400 m<sup>3</sup>**.

Sabendo-se que os resíduos adicionados no aterro receberão uma camada de cobertura para aterramento e que cada célula possuirá altura de 5m, sendo 4m de resíduos e 1m de camada de cobertura, será depositado na área um volume de terra igual a:

Volume total de terra:  $\frac{1}{4}$  do volume de resíduos;

Volume total de terra:  $7.869.400\text{m}^3 \times 25\% = \mathbf{1.967.350\text{m}^3}$ .

Assim o volume total de material (resíduos + camada de cobertura) que serão depositados na área ao longo de 20 anos é de:

- Volume total para o aterro sanitário:  $7.869.400\text{m}^3 + 1.967.350\text{m}^3 = \mathbf{9.836.750\text{m}^3}$ .

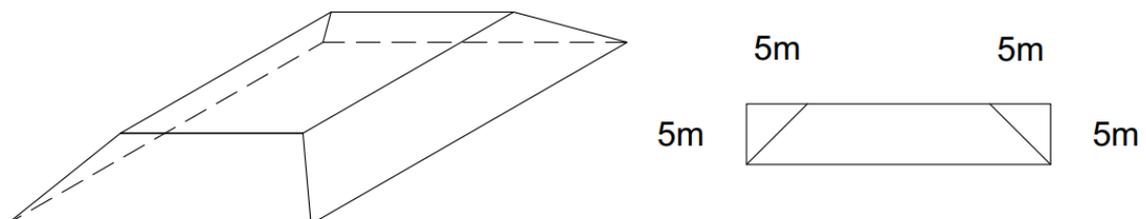
O local de estudo, no qual foi realizado o levantamento topográfico possui área de  $750,00 \text{ m}^2$  e formato de um polígono não regular. No entanto, não foram determinadas as coordenadas dos vértices deste polígono nem os comprimentos dos lados deste polígono. Isso prejudica a determinação do volume de material que poderá ser disposto no local.

Dessa forma, para continuidade e exemplificação do processo de dimensionamento do aterro serão adotadas dimensões para os lados do polígono e realizada a simplificação, supondo que a área possui formato retangular.

Os taludes dos aterros sanitários possuem inclinação por questões de estabilidade. Considerando um talude com inclinação de 1:1 e visto que cada célula possuirá uma altura de 5m, teremos uma redução de 5m em cada direção, conforme Figura 8.

Figura 8 – Representação das camadas (células) de depósito dos resíduos no aterro sanitário.

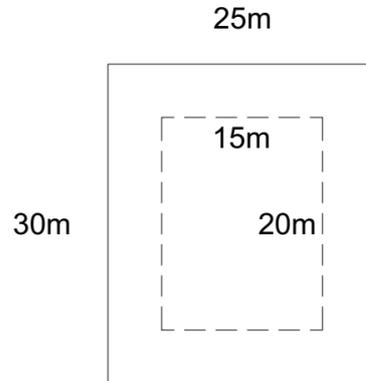
Cada camada terá 5m de altura e inclinação dos taludes de 1:1



Elaboração: o autor.

A área do topo de cada camada será menor do que a área da base. Para a primeira camada, as dimensões são representadas na Figura 9.

Figura 9 – Dimensões da primeira camada do aterro. O retângulo externo (linhas contínuas) representa a base da camada e o retângulo interno (linhas tracejadas) representa o topo



Elaboração: o autor.

- Área do topo da primeira camada:  $15,00\text{m} \times 20,00\text{m} = 300,00\text{m}^2$ .

Como cada célula possuirá um formato semelhante à um tronco de pirâmide de base retangular (Figura 8), o volume armazenado na primeira célula será de:

$$V_{1cel.} = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$$

Onde,

$V_{1cel.}$ : volume da primeira camada do aterro sanitário;

$h$ : altura da camada;

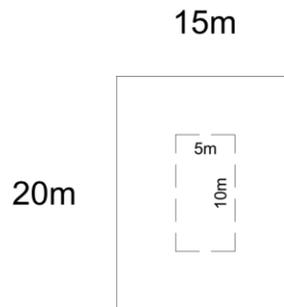
$S_B$ : área da base maior;

$S_b$ : área da base menor;

Volume da primeira célula =  $V_{1cel.} = \frac{5}{3} \cdot (750 + \sqrt{750 \cdot 300} + 300) = 2.540,57$   
aproximadamente = **2.541m<sup>3</sup>**.

Após a finalização da primeira célula, os resíduos serão dispostos em uma nova camada (Figura 10).

Figura 10 — Dimensões da segunda camada do aterro. O retângulo externo (linhas contínuas) representa a base da camada e o retângulo interno (linhas tracejadas) representa o topo



Elaboração: o autor.

Considerando a mesma inclinação do talude da camada anterior, a segunda célula apresentará as seguintes dimensões:

Área do topo da segunda camada:  $5,00\text{m} \times 10,00\text{m} = \mathbf{50,00\text{m}^2}$ ;

Volume da segunda célula:

$$V_{1cel.} = \frac{5}{3} \cdot (300 + \sqrt{300 \cdot 50} + 50) = 787,45 \text{ aproximadamente} = \mathbf{788,00\text{m}^3}.$$

Diante do tamanho da área de estudo e levando em consideração as normas de inclinação do talude, não seria possível a formação de uma terceira camada. Assim, afirma-se que o volume total de resíduos sólidos que poderá ser armazenado na área de estudo é:

$$\text{Volume total: } 3.329\text{m}^3$$

Este volume é insuficiente para atender a demanda de  $9.836.750\text{m}^3$  do projetado para o período de 20 anos do Aterro Sanitário de Monte Carmelo.

Podemos então, avaliar quanto tempo que a área disponível pode ser utilizada para a deposição de resíduos sólidos. Ou seja, podemos verificar em quanto tempo seria atingido o volume de  $3.329 \text{ m}^3$  que poderiam ser dispostos no local de estudo. Sabendo-se que 20% é material de recobrimento (terra) teríamos 80% desse volume para resíduos sólidos, sendo assim:

$$\text{Volume de resíduos sólidos de duas células: } 3.329\text{m}^3 \times 80\% = \mathbf{2.663,2\text{m}^3}.$$

Este volume corresponde ao volume dos resíduos após sofrerem a redução de 30% em função da decomposição, compactação etc. O volume não compactado seria de:

$$V_{res.} = \frac{3.329}{70\%} = 3.804m^3$$

Sabemos que a geração de resíduos é de 1.540 m<sup>3</sup>/d. Então:

$$1 \text{ dia } \underline{\hspace{2cm}} 1.540m^3$$

$$X \text{ dias } \underline{\hspace{2cm}} 3.804m^3$$

$$1.540m^3 X = 3.804m^3$$

$$\mathbf{X = 2.470 \text{ dias.}}$$

X = 2,470 dias transformando em horas equivale:

$$2,470 \times 24 \text{ h/d} = \mathbf{57,27 \text{ horas.}}$$

Estes resultados indicam que a área utilizada é muito pequena e, conseqüentemente, não contribui muito para a disposição de resíduos, visto que atenderia tal finalidade durante um período de pouco mais de dois dias.

## 6 CONCLUSÃO

O processo no *TOPOGRAPH* permitiu a transferência dos dados coletados em campo, criação das tabelas, cálculo do volume de material para a execução do processo da terraplanagem. Em conversão direta, a integração dessa área inutilizada, aumentaria o depósito até o fim útil do aterro, deixando de receber aproximadamente 3.804m<sup>3</sup> de rejeitos, durante aproximadamente 2,47 dias por se tratar de uma área com dimensões muito reduzidas pode-se afirmar que a área de estudo promoveria uma sobrevida insignificante tendo em vista a totalidade útil do aterro e seu recebimento diário de resíduos sólidos. Vale ressaltar que todas as informações contidas nesse trabalho foram fornecidas pelo DMAE e Prefeitura Municipal, no que se trata de volume de resíduos sólidos diários, remetem apenas ao volume das caçambas recebidas de cada caminhão, sendo estas médias estimadas. Seria interesse que a prefeitura pudesse implantar um sistema de aferição para essa pesagem, bem como o tipo de material que é destinado a esse aterro.

A proposta deste trabalho foi estudar dimensionar e retratar o que a área inutilizada do Aterro Sanitário de Monte Carmelo implicaria em recebimento total ao longo da vida útil do mesmo e se possível geraria uma sobrevida e de quanto seria a mesma. Tendo em vista os resultados obtidos conclui-se que é irrelevante a área de estudo na totalidade útil do aterro não sendo pertinente o município onerar custos em reutilizar a área de estudo.

É evidente que, muitas vezes, na construção civil assim para a maioria das atividades da sociedade urbana, os geradores desconhecem o poder de poluição e de degradação.

Portanto, a concretização de ações, a sensibilização dos atores e a participação da sociedade são no ponto de vista da conservação do nosso meio ambiente e do desenvolvimento sustentável, as mais importantes iniciativas a serem tomadas se queremos um futuro com uma boa qualidade de vida garantida.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.133**: Normas técnicas para a execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro. 1994.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: Normas técnicas para informação e documentação-referências-elaboração. Rio de Janeiro. 2002.
- AMVAP. **Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Paranaíba**. Disponível em: <[www.amvapmg.org.br/1/monte-carmelo-investe-na-modernizacao-do-aterro-sanitario/](http://www.amvapmg.org.br/1/monte-carmelo-investe-na-modernizacao-do-aterro-sanitario/)>. Acesso em: 02/06/2018.
- BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm)>. Acesso em: 02/06/2018.
- BRASIL. **Lei nº. 10.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 02/06/2018.
- BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm)>. Acesso em: 12/06/2018.
- BROLLO, M.J. **Gestão de Resíduos Sólidos e Planejamento Ambiental**. São Paulo. In: Seminário sobre Meio Ambiente, Mogi Mirim, 2001.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 01. 1990. **Dispõe Sobre Critérios e Padrões de Emissão de Ruídos, das Atividades Industriais**. DOU, pág.: 6480.
- DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto. **Aterro Sanitário: Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário**. 2009. 1 V. DMAE, Monte Carmelo, 2009. Cap. 36. Disponível em: <[dmae@dmae.montecarmelo.mg.gov.br](mailto:dmae@dmae.montecarmelo.mg.gov.br)>. Acesso em: 20/06/2017.
- LEMONS, D. A. **Sequência de Etapas para Implantação de Aterro Sanitário em Municípios de Pequeno Porte**. 2011. 26 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Brasília, Brasília - DF, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/handle/10869/4930>>. Acesso em: 07/12/2017.
- LIXO SÉRIE ESTIMATIVAS**. Disponível em: <[m3.ime.unicamp.br/dl/1-EHTIrQwNQ\\_MDA\\_dc75d\\_](http://m3.ime.unicamp.br/dl/1-EHTIrQwNQ_MDA_dc75d_)>. Acesso em: 18/03/2018.
- MMA. **MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE**. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm](http://www.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm)>. Acesso em: 18/03/2018.
- MUNDO EDUCAÇÃO**. Disponível em: <[mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/saneamento-ambiental.htm](http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/saneamento-ambiental.htm)>. Acesso em: 18/03/2018.

**NOGUEIRA.** AUDITORIAS OPERACIONAIS EM ATERROS SANITÁRIOS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 2001, Florianópolis. **AUDITORIAS OPERACIONAIS EM ATERROS SANITÁRIOS.** Florianópolis: TCE/SC, 2001. p. 1 - 13. Disponível em: <[ibraeng.org/public/uploads/publicacoes/HM3KcBa..kZ.2sanitarios.PDF](http://ibraeng.org/public/uploads/publicacoes/HM3KcBa..kZ.2sanitarios.PDF)>. Acesso em: 07/12/2017.

SCHALCH, Valdir et al. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Universidade de São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos - SP, v. 01, n. 01, p.01-97, out. 2002. Disponível em: < [http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog\\_images/500/GESTAO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-2002.pdf](http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog_images/500/GESTAO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-2002.pdf) >. Acesso em: 07/12/2017.

STONEX. **Stonex D1 Digital Level.** Manual do Usuário. 2015. v. 2. r. 2. Disponível em: <[http://gnss.lt/saugykla/stonex/nivel/stonex\\_d1\\_user\\_guide\\_eng.pdf](http://gnss.lt/saugykla/stonex/nivel/stonex_d1_user_guide_eng.pdf)>. Acesso em: 02/06/2018.