

### **III-217 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE HIDROLÂNDIA, GOIÁS**

**Adjane Damasceno de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental (PUC Goiás), MSc. em Engenharia de Meio Ambiente (PPGEMA - UFG), Doutoranda em Engenharia Civil (PPGEC - UFPE).

**Natália Gonçalves Paulino de Almeida<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás).

**Ricardo Valadão de Carvalho<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Ambiental, MSc. em Engenharia Ambiental e Sanitária (PPGEAS - UFG)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Rua Padre Bernardino Pessoa, 291, Boa Viagem – Recife – PE - CEP: 51020-210 - Brasil - Tel: (62) 99629-2828 - e-mail: adjanedeoliveira@gmail.com

#### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi caracterizar de forma física e química os resíduos sólidos urbanos (RSU) do município de Hidrolândia, Goiás. A caracterização física abrange a definição da geração per capita, teor de umidade, composição gravimétrica, peso específico aparente e compressibilidade. Conhecer as características químicas implica em determinar a proporção Carbono/Nitrogênio, o poder calorífico, potencial hidrogeniônico (pH), teor de cinzas e teor de lipídios e gorduras. Inicialmente realizou-se diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos por meio da elaboração de um questionário encaminhado para Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Hidrolândia. Para caracterização dos resíduos efetuou-se amostragem utilizando o método de quarteamento para obtenção de amostra representativa. Posteriormente, determinou-se as características físicas e químicas dos RSU. Para o município de Hidrolândia a geração per capita é de 0,80 kg/hab.dia e peso específico de 201 kg/m<sup>3</sup>. Por meio da composição gravimétrica observou-se que os resíduos orgânicos representam a maior parcela dos resíduos do município. Os RSU analisados obtiveram 51,12% de umidade, 26,93% de cinzas, 5,35% de lipídios e gorduras, densidade seca máxima de 840 kg/m<sup>3</sup>, pH neutro e proporção C/N 6:1.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerenciamento, Caracterização, Resíduos sólidos urbanos.

#### **INTRODUÇÃO**

Muitos municípios brasileiros ainda enfrentam dificuldades na gestão dos resíduos sólidos, dentre eles, os resíduos sólidos urbanos (RSU). De acordo com o Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNIS), 12,4% dos resíduos coletados possuem destinação final inadequada e 1,5% da população urbana ainda não possui acesso à coleta regular dos resíduos domiciliares (SNIS, 2016). Tal cenário é, também, reflexo da ausência de planejamento, o que resulta em problemas ambientais e sociais.

No intuito de fortalecer as políticas ambientais brasileiras e, regulamentar a área de resíduos sólidos foi promulgado o marco legal do setor: a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Dentre os instrumentos da PNRS têm-se os planos municipais de gestão integrada dos resíduos sólidos. A PNSB também define que os municípios devem apresentar os planos de saneamento básico, o que inclui planejamento relacionado aos serviços públicos de manejo de RSU.

Parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos é composta por materiais passíveis de serem reciclados ou reutilizados. A matéria orgânica, por exemplo, pode ser transformada em composto orgânico e posteriormente ser aplicado no solo, otimizando seu desempenho. Já resíduos de metal, plástico, papel ou papelão podem ser encaminhados para cooperativas onde são transformados em matérias-primas e insumos para diversos processos.

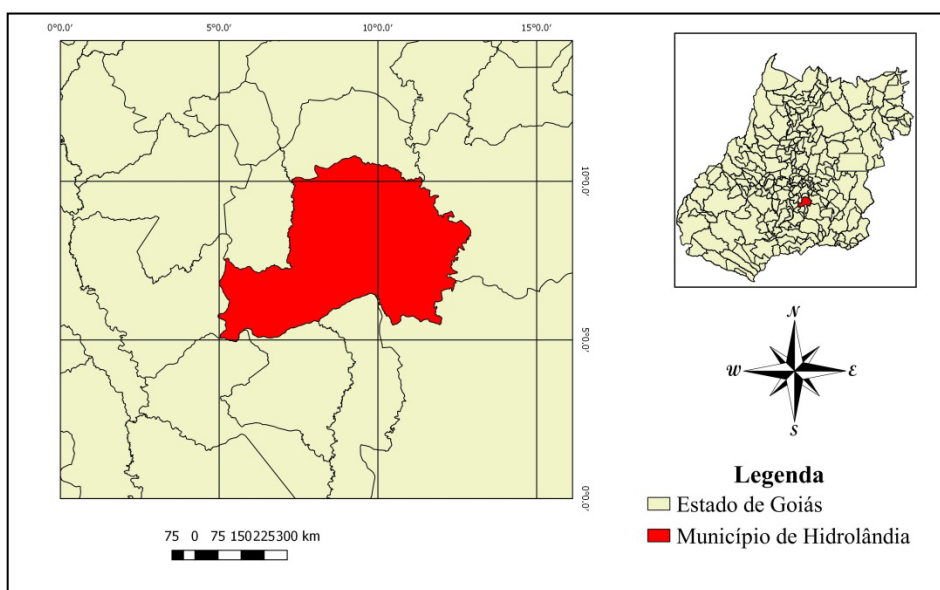
O uso de tecnologias para reciclagem, reaproveitamento dentre outros métodos de destinação final contribuem com a redução dos impactos causados pela geração dos resíduos sólidos. Mas, para que esta prática se consolide baseando-se na viabilidade técnica e econômica destas tecnologias é importante que seja realizado o diagnóstico adequado das características dos resíduos.

Este diagnóstico, conforme previsto em Brasil (2010), é o conteúdo mínimo do plano municipal de gestão integrada, e pode incluir a definição das características físicas, químicas e biológicas dos RSU, a fim de definir dados quantitativos e qualitativos que servirão como base para o planejamento das diversas atividades que envolvem o gerenciamento dos RSU.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar diagnóstico do gerenciamento e caracterizar de forma física e química os RSU do município de Hidrolândia gerando dados que possam colaborar com a tomada de decisões da administração pública na gestão destes resíduos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O local de estudo foi o município de Hidrolândia (Figura 1) que está localizado na Região Metropolitana de Goiânia no estado de Goiás. O município limita-se ao norte com o município de Aparecida de Goiânia, ao sul com Cromínia, Maripotaba, Piracanjuba e Professor Jamil, a leste com Bela Vista e Piracanjuba, e a oeste com Varjão e Aragoiânia. (PREFEITURA DE HIDROLÂNDIA, 2016).



**Figura 1 - Localização do Município de Hidrolândia no Estado de Goiás**

### Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Hidrolândia

Conhecer o gerenciamento dos RSU é o primeiro passo para que a caracterização seja realizada de forma adequada. Desta maneira, um questionário, Apêndice A, foi elaborado e encaminhado por e-mail ao Secretário Municipal de Meio Ambiente de Hidrolândia com o objetivo de adquirir informações sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos do município. Neste questionário foi possível conhecer a frequência da coleta, população atendida, o tipo e capacidade dos caminhões coletores, dados sobre coleta seletiva, dentre outras informações que auxiliaram na elaboração de um plano de amostragem.

### Caracterização dos resíduos sólidos urbanos

No dia 18 de outubro de 2016, terça-feira, foi realizada a visita in loco ao aterro sanitário de Hidrolândia localizado nas coordenadas de latitude sul 16°58'58.19" e longitude oeste 49°16'10.73", zona rural do município para realização do trabalho de campo.

Para a amostragem utilizou-se o método de quarteamento e os materiais utilizados para esta amostragem foram: pás, enxadas, rastelo e facões, equipamentos de proteção individual (EPI's), balança de 150 kg, 5 tambores de 200 litros, amostrador tipo “trier” e 5 frascos de polietileno de 1 litro. A amostragem foi realizada na área do aterro sanitário, iniciando-se no período matutino. Não houveram chuvas nos dias anteriores ou no dia da coleta.

Parte dos resíduos que chegaram ao aterro, cerca de 2 toneladas, foram dispostos sobre uma lona plástica de dimensões 6x7m e os componentes volumosos (tubulações, roupas, móveis, etc) foram retirados. Com o auxílio de enxadas e facões, as embalagens foram rompidas, a massa de resíduos foi misturada e preparada, conforme Figura 2, para realização do quarteamento. A mistura manual do material é uma tarefa trabalhosa devido ao volume e peso dos resíduos. A pilha de resíduos foi separada em quatro partes. Um dos quartos foi selecionado e com esta massa de resíduos, cinco tambores de 200 litros previamente pesados, foram preenchidos até a borda.



**Figura 2 - Rompimento das embalagens dos resíduos e homogeneização.**

Para as análises laboratoriais, escolheu-se um dos quartos e coletaram-se as amostras. Para coleta de tal amostra, foi confeccionado um amostrador tipo “trier”, conforme recomendado pela NBR 10007 (ABNT, 2004b), e tentou-se retirar as amostras de três seções e em cada seção quatro alíquotas equidistantes, conforme recomenda a referida norma.

No entanto, durante a execução da coleta de amostras, devido à composição do resíduo, alguns dos materiais não permitiram que o amostrador funcionasse da maneira esperada. Por possuir corte ao longo do amostrador era esperado que este cortasse toda a massa de resíduos permitindo a retirada de amostra representativa, porém devido à grande presença de tecidos e resíduos plásticos mais grossos e devido à variabilidade do tamanho dos componentes da amostra o amostrador não conseguiu penetrar e retirar a parcela da amostra de forma representativa.

Desta forma, optou-se por misturar bem o quarto e coletar a amostra com o auxílio de uma pá e transferi-la para cinco frascos de polietileno com capacidade de 1 litro, que foram devidamente etiquetados, armazenados em caixa de isopor com gelo para que a amostra não perdesse as características iniciais (ABNT, 2004b).

As amostras armazenadas foram encaminhadas para o laboratório de Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) onde foram realizadas as análises em parceria com o laboratório de Química da universidade. Para construção da curva de compactação utilizou-se o Laboratório de Solos da Engenharia Civil da PUC Goiás. Todas as análises laboratoriais foram realizadas em triplicata.

## Caracterização Física

- **Geração per capita**

A geração per capita dos resíduos sólidos foi obtida por meio da divisão entre o peso dos resíduos que chegaram ao aterro e o número de habitantes atendidos pela coleta. Foi selecionada data entre os dias 10 e 20 do mês e entre terça e quinta-feira (MONTEIRO et al, 2001). Para selecionar os dias de pesagem realizou-se o levantamento das rotas de coleta por meio do questionário presente no Apêndice A. Os caminhões coletores foram pesados em balança rodoviária particular, uma vez que o município não possui balança própria.

Os caminhões foram pesados antes da coleta e após a coleta dos resíduos, a diferença entre estas pesagens resultou na quantidade de resíduos coletados no dia. A relação entre o peso total coletado nos dois dias e a quantidade de habitantes atendidos pela coleta permitiu definir a geração per capita de RSU do município conforme a Equação 1.

$$G = \frac{P_2 - P_1}{Pop}$$

Equação (1)

Onde,

G=geração per capita (kg/(hab.dia));

P\_1=peso dos caminhões coletores antes da coleta (kg);

P\_2=peso dos caminhões coletores depois da coleta (kg);

Pop=população atendida pela coleta (hab).

- **Peso específico aparente**

O peso específico aparente pôde ser determinado por meio da separação das amostras selecionadas no quarteamento em cinco tambores de 200 litros. Os tambores foram pesados antes e depois do preenchimento com a amostra de resíduos (Figura 3). Descontando o peso total dos tambores vazios no peso total dos tambores cheios foi possível determinar o peso do resíduo. Em seguida este valor foi dividido pelo volume total dos tambores, conforme a Equação 2, resultando assim, no valor do peso específico.



Figura 3 - Pesagem dos tambores cheios.



$$\gamma = \frac{T_c - T_v}{VT}$$

Equação (2)

Onde,

$\gamma$ =peso específico aparente (kg/(m³));

$T_c$ =peso total dos cinco tambores cheios (kg);

$T_v$ =peso total dos cinco tambores vazios (kg);

$VT$ =volume total dos cinco tambores (m³).

#### • Composição Gravimétrica

A composição gravimétrica foi definida por meio da triagem da amostra de resíduos dos tambores e a separação dos materiais em categorias: papel/papelão, plástico, vidro, metais/alumínio, orgânico e “outros” aqueles que não se enquadraram na listagem pré-selecionada. Cada pilha de componente resultante foi pesada e a relação entre o peso de cada pilha e o peso total da amostra resultou na porcentagem de cada componente.

#### • Teor de umidade

Para determinação de teor de umidade baseou-se no método de Fialho (2007) e na especificação técnica do Comitê Europeu de Padronização CEN/TS 14774-2 (CEN, 2009).

O teor de umidade foi determinado a partir da seleção de 100 gramas de resíduos. A amostra foi encaminhada para a estufa e submetida ao processo de secagem à temperatura de 105°C por 24 horas e em seguida o conteúdo foi pesado. Com o objetivo de tornar o peso constante, a amostra foi encaminhada para a estufa por mais 30 minutos e o processo repetido.

Após o descarte da amostra a cápsula foi encaminhada para mufla por uma hora a 650°C para obtenção do peso do recipiente vazio. Posteriormente o teor de umidade foi determinado (Equação 3).

$$U = \left\{ \frac{[P2 - (P3 - P1)]}{P2} \right\} \times 100$$

Equação (3)

Onde,

$U$ =teor de umidade (%);

$P1$ =peso da cápsula (g);

$P2$ =peso da amostra úmida (g);

$P3$ =peso da cápsula contendo a amostra seca (g).

#### • Determinação da curva de compactação dos RSU

O método para se determinar a curva de compactação dos resíduos baseou-se na adaptação do ensaio de compactação de solos de acordo com a NBR 7182 (ABNT, 1986) utilizado por Araújo Neto et al. (2015).

Para o ensaio foram coletados 115 kg de parte de um dos quartos de amostra homogeneizada de resíduos que chegaram ao aterro. Estes foram deixados em ambiente impermeabilizado e coberto para secagem em temperatura ambiente por 30 dias. Para o ensaio foi utilizado um molde do cilindro grande, padrão CBR (California Bearing Ratio) e foram amostrados seis pontos. O primeiro ponto sem adição de água, o segundo com adição de 6% e os demais com variação de 4% a partir do terceiro ponto: 10%, 14%, 18% e 22%. Cada ponto foi distribuído em cinco camadas iguais e, em cada camada, aplicou-se 12 golpes distribuídos uniformemente com energia Proctor Normal. Após a compactação, foi retirada uma amostra de cada ponto para o cálculo do teor de umidade e construção da curva de compactação (Equação 4).

$$Y_s = \frac{P_h \times 100}{V(100 + h)}$$

Equação (4)

Onde,

$Y_s$ =massa específica seca (kg/(m³));

$P_h$ =peso do resíduo úmido (g);

V=volume útil do molde (cm<sup>3</sup>);  
h=teor de umidade (%).

### Caracterização Química

- **Teor de Cinzas**

A amostra seca na estufa para determinação do teor de umidade foi encaminhada para a mufla a 650°C por duas horas para determinação do teor de cinzas, conforme realizado no estudo de Fialho (2007), obtendo-se assim o peso da amostra calcinada. Para o cálculo do teor de cinzas (equação 6) foi necessário o cálculo de sólidos voláteis (Equação 5).

$$SV = \left\{ \frac{[(P2 - P1) - (P3 - P1)]}{P2 - P1} \right\} \times 100$$

Equação (5)

Onde,

SV=teor de sólidos voláteis (%);

P1=peso da cápsula (g);

P2=peso da cápsula contendo a amostra seca (g);

P3=peso da cápsula contendo a amostra calcinada (g).

$$CINZ = 100 - SV$$

Equação (6)

- **pH**

A determinação do pH foi baseada no SW-846 método 9045D da US Environmental Protection Agency para determinação de pH em solos e resíduos sólidos (EPA, 2004). Uma amostra de 20 g de resíduo, cortada manualmente para redução da granulometria, foi colocada em um béquer de 50 mL e adicionaram-se 20 mL de água deionizada. Esta mistura foi agitada durante cinco minutos no agitador mecânico e colocada em repouso por 15 minutos. O extrato obtido foi então separado da fase sólida por meio da filtração com papel filtro e, seu pH medido por meio de pHmetro.

- **Lipídios e Gorduras**

Barros (2012a) e OACA (1992) apud Barros (2012b) afirmam que o teor de lipídios e gorduras é determinado por meio de métodos de extração de solventes orgânicos, desta maneira, utilizou-se o Método Soxhlet para esta análise. Os resíduos foram cortados manualmente para redução da granulometria e encaminhados para a estufa a 105°C. Adaptou-se o cartucho, recomendado pelo método, utilizando o papel filtro para armazenagem da amostra. Um balão de fundo chato também foi seco na estufa a 105°C por uma hora e pesado.

A massa de 5 gramas de amostra foi armazenada no cartucho e introduzida no extrator. O balão de fundo chato, contendo 150 mL de hexano, foi aquecido para evaporação do hexano que se moveu em forma de gás para o condensador. O mesmo foi convertido em líquido e gotejou no cartucho durante 6 horas para extração de lipídios e gordura.

Retirou-se o balão do extrator e procedeu-se com a destilação para separação do hexano da gordura extraída do resíduo. Com o objetivo de eliminar o hexano residual, o balão foi encaminhado para estufa a 100 °C durante 24 horas. O balão contendo a gordura extraída foi posteriormente pesado. O percentual de gorduras e lipídios foi determinado pela relação entre a diferença do peso do balão antes e depois da extração e a quantidade da amostra utilizada (Equação 7).

$$L.G = \frac{P3 - P1}{P2} \times 100$$

Equação (7)

Onde,

L.G=teor de lipídios e gorduras (%);

P1=peso do balão vazio (g);

P2=peso da amostra (g);

P3=peso do balão contendo a gordura extraída (g).

### • Nitrogênio

O nitrogênio total foi determinado por meio da aplicação do Método Kjeldahl adaptado do manual da EMBRAPA para análise de solo e da American Public Health Association (EMBRAPA, 1997 e APHA, 1999).

A aplicação do método consistiu em pesar 0,7 g de resíduos em um béquer. Esta amostra foi encaminhada para o tubo digestor. Adicionaram-se 5 mL de ácido sulfúrico concentrado, 3 g de sulfato e potássio e 1,0 g de sulfato de cobre. Em seguida o tubo contendo a amostra e outro contendo o branco foram aquecidos no bloco digestor durante duas horas. Após a digestão, duas gotas de fenolftaleína foram adicionadas e posteriormente a amostra foi encaminhada para destilação. Nos tubos, adicionaram-se 50 mL de água destilada e Hidróxido de Sódio (NaOH 6M) até que se obtivesse coloração rosa. No erlenmeyer separado para receber o destilado, foram adicionados 100 mL de ácido bórico 2% e 4 gotas de indicador misto. Procedeu-se com a titulação utilizando ácido sulfúrico até a coloração amarela. Obteve-se o valor do nitrogênio total através da Equação 8.

$$N = \frac{[(V_{\text{ácido}} - V_{\text{branco}}) \times N_{\text{ácido}}] \times 14000}{(V_{\text{amostra}})} \quad \text{equação (8)}$$

Onde,

N=quantidade de nitrogênio ((g)(kg));

V\_ácido=volume de ácido gasto na amostra (L);

V\_branco=volume de ácido gasto no branco (L);

N\_ácido=fator de correção do ácido sulfúrico;

M\_amostra=massa da amostra (g).

### • Carbono Orgânico

Para análise do carbono orgânico utilizou-se o método aplicado por Falcão (2005), que consistiu em pesar em papel filtro uma amostra de 0,030 g de resíduo triturado e transferi-la para tubo digestor. Adicionaram-se 10 mL da solução dicromato de potássio (0,167 mol/L<sup>(-1)</sup>) e 15 mL de ácido sulfúrico concentrado. O tubo foi encaminhado para o bloco digestor a 150°C durante 30 minutos. Após a digestão e resfriamento do tubo, o conteúdo foi transferido para erlenmeyer de 250 mL e, adicionaram-se 10 mL de ácido fosfórico e 12 gotas do indicador difenilamina. A titulação foi realizada utilizando sulfato ferroso amoniacal observando a viragem de marrom esverdeado para verde musgo, azul intenso e verde. Para a análise do branco, fez-se necessário realizar a titulação do mesmo antes e depois da digestão.

Para o cálculo do carbono orgânico (Equação 10) foi necessário calcular primeiramente a concentração de Fe<sup>(+2)</sup> existente na solução de sulfato ferroso amoniacal (Equação 9).

$$C_{\text{Fe}^{+2}} = \frac{V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times 0,167 \times 6}{V_{\text{Fe}[(\text{NH}_4)]_2[(\text{SO}_4)]_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}}} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde,

C\_(Fe<sup>(+2)</sup>)=concentração de Fe<sup>(+2)</sup>;

V\_(K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)=o volume de dicromato de potássio (mL);

0,167=concentração do dicromato de potássio;

6=número de elétrons presente na reação de oxidação do cromo;

V\_(Fe[(NH<sub>4</sub>)]<sub>2</sub>[(SO<sub>4</sub>)]<sub>2</sub> x 6 H<sub>2</sub>O)=volume de sulfato ferroso amoniacal utilizado no branco não aquecido.

$$C_{\text{orgânico}} = \frac{A \times C_{\text{Fe}^{+2}} \times 0,003 \times 1000}{m_{\text{amostra}}} \quad \text{equação (10)}$$

Em que, m\_amostra representa o peso da amostra e A é determinado pela Equação 11:

$$A = (V_{BA} - V_{amostra}) \times \left[ \frac{(V_{BF} - V_{BA})}{V_{BF}} \right] + (V_{BA} - V_{amostra})$$

equação (11)

Onde,

V<sub>BA</sub>=volume de sulfato ferroso amoniacal utilizado para titular o branco aquecido (mL);

V<sub>amostra</sub>=volume utilizado para titular a amostra (mL); V<sub>BF</sub>=volume utilizado para titular o branco não aquecido (mL).

- **Relação Carbono/Nitrogênio**

A relação C/N foi calculada a partir da razão do teor de carbono total dividido pela massa atômica do carbono pelo teor de N total dividido pela massa atômica do nitrogênio conforme realizado por Fialho (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos

Hidrolândia possui o sistema de coleta dos RSU atendendo todos os setores do município localizados na região urbana. Existem em seu entorno aglomerados urbanos que também são atendidos pela coleta dos resíduos, são eles: Nova Fátima, Oloana, São Germano e Santa Maria. Estes aglomerados são considerados pelo IBGE como zona rural.

Ao todo, seis funcionários trabalham na coleta convencional operando dois caminhões compactadores com capacidade máxima de 10 a 15 toneladas cada. A coleta é realizada de segunda a sábado, em setores alternados, no período matutino e vespertino. Segundo os gestores do município, em média são coletados 13 toneladas de resíduos por dia.

Verificou-se por meio das rotas de coleta que além dos resíduos domiciliares e de limpeza urbana, são coletados também os resíduos de estabelecimentos comerciais, classificando assim como resíduos sólidos urbanos e comerciais aqueles que são encaminhados para o aterro sanitário.

O aterro sanitário de Hidrolândia se encontra licenciado e sua operação é realizada pela prefeitura. Em média 13 toneladas de resíduos entre eles, urbanos, comerciais e de construção civil são dispostos no aterro diariamente.

Os resíduos provenientes da limpeza pública, como poda e varrição não são encaminhados às trincheiras do aterro devido à inexistência de equipamento adequado para triturar o material inviabilizando a disposição dos resíduos com este tipo granulometria. Além dos RSU, a área do aterro sanitário recebe resíduos da construção civil, que são armazenados para manutenção de estradas internas e vias de acesso. Em média, são encaminhados para o aterro de 15 a 20 toneladas de pneus inservíveis por mês, sendo armazenados temporariamente nas baias do galpão e posteriormente encaminhados para o coprocessamento em Cezarina.

Lâmpadas fluorescentes de estabelecimentos públicos foram encontradas armazenadas de forma inadequada e expostas as intempéries. Segundo o responsável pela operação do aterro, as lâmpadas não possuem nenhum destino. Foi sugerido que as mesmas sejam armazenadas em local coberto e sejam acondicionadas de forma adequada.

Implantada em 2013, e de acordo com o questionário aplicado, a coleta seletiva realizada pelo município atende 100% da população urbana e conta com o trabalho de dois caminhões. Em alguns pontos são disponibilizados recipientes para depósito de materiais recicláveis, dentre eles, condomínios.

Em média são encaminhados para a cooperativa do município 305,07 kg de materiais recicláveis por dia, sendo 57% composto por papel/papelão e 43% por plásticos. Não há quantitativo de metais, o que pode ser justificado pelo valor econômico, pela facilidade de venda do material e pela coleta informal que é tão comum nos municípios brasileiros.



Essa parcela refere-se apenas aos resíduos que possuem valor econômico, ou seja, os rejeitos que chegam até a cooperativa não entram neste quantitativo. A coleta seletiva recupera cerca de 2,3% dos materiais recicláveis do município, usando como base a média de 13 toneladas de resíduos coletadas por dia.

Os materiais recicláveis coletados são encaminhados para o galpão de triagem da cooperativa dos catadores que está localizado a uma latitude sul de 17°00'38.68" e longitude oeste de 49°13'07.08", zona rural do município.

Realizou-se visita ao galpão de triagem do município no dia 8 de novembro de 2016 e verificou-se que no local trabalham 14 cooperados. Observou-se que a estrutura do galpão é incompatível com a recomendada pelo manual de elementos para a organização da coleta seletiva e projeto dos galpões de triagem disponibilizado pelo Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2008). É importante que a estrutura esteja de acordo com o fluxo de trabalho realizado na cooperativa. Verificou-se que o galpão possui apenas uma abertura para entrada e saída dos materiais e, o mais adequado seria uma abertura para a entrada e outra para a saída, mantendo assim o fluxo retilíneo. Foi observado também que a prensa do galpão se encontra inoperante por falta de manutenção e que os cooperados improvisaram uma mesa de triagem para facilitar o trabalho manual. Os resultados obtidos com a caracterização dos resíduos são apresentados na sequência.

### **Caracterização dos resíduos sólidos urbanos**

- **Geração per capita**

A coleta dos RSU no município de Hidrolândia é realizada em toda a zona urbana e também nos aglomerados rurais, não atendendo as propriedades rurais mais afastadas. Segundo o IBGE a população residente nestes aglomerados rurais está incluída no cálculo da população rural do município, desta maneira fez-se necessário considerar para o cálculo da geração per capita que, o sistema de coleta atende toda a população estimada para 2016, pois não existem dados que quantifiquem a população residente nestes aglomerados. Para o ano de 2016, Hidrolândia possui população estimada igual a 20.121 habitantes (IBGE, 2016).

Uma vez que a coleta é alternada, realizou-se a pesagem dos resíduos em uma quarta e quinta-feira, pois na segunda e terça são os dias em que chegam maior quantidade de resíduos até o aterro, uma vez que há o acúmulo dos resíduos de domingo, quando não ocorre coleta, e de segunda, para os bairros em que a coleta inicia-se na terça-feira. Pode-se demonstrar tal fato, uma vez que realizou-se a pesagem dos resíduos no dia em uma terça-feira que resultou em um total de 17,08 toneladas chegando ao aterro, valor superior às pesagens de quarta-feira e quinta-feira, em que foram coletados 10,66 e 5,46 toneladas respectivamente.

Utilizando a Equação 1, determinou-se que em 2016 a geração per capita foi de 0,80 kg/hab.dia. Em estudo realizado por Carvalho e Ferreira (2005), a caracterização dos resíduos sólidos domiciliares de Hidrolândia resultou no valor de 0,47 kg/hab.dia para geração per capita. Baseando-se neste dado, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás transformou a geração per capita de resíduos domiciliares para os resíduos sólidos urbanos do município utilizando a correspondência de 85% estabelecida pelo BNDES. Esta transformação resultou no valor de 0,54 kg/hab.dia para Hidrolândia (SECIMA, 2015b). Verifica-se também que o valor atual de 0,80 kg/hab.dia está acima dos valores demonstrados por Monteiro et al. (2001) em que esta geração per capita corresponde a faixa populacional referente a médias e grandes cidades.

Estas diferenças podem ser justificadas devido à coleta dos resíduos sólidos do município abranger não somente os resíduos sólidos urbanos, mas também resíduos de estabelecimentos comerciais e também devido a diferença temporal entre os dados. Além disso, apesar de Hidrolândia ser considerado um município de porte pequeno, este situa-se na região metropolitana de Goiânia, o que exerce influência no acesso e forma de consumo da população.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Hidrolândia (PMSB) em 2013 o município possuía a geração de 1,058 kg/hab.dia para resíduos sólidos urbanos e comerciais e, estimativa de geração de 1,124 kg/hab.dia para o ano de 2016 (PREFETURA DE HIDROLÂNDIA, 2015).

Analisando os dados apresentados no PMSB, observa-se uma geração de 20,5 toneladas de resíduos por dia em 2013. No questionário respondido pelos gestores da prefeitura foi declarado um total de 13 toneladas por dia.

Com as pesagens obtidas para determinação da geração per capita observa-se uma média de cerca de 16 toneladas geradas por dia. Segundo o operador do aterro, nos últimos anos observou-se uma redução da quantidade de resíduos que chegam ao aterro, o que pode ser resultado da situação econômica do país.

A caracterização do ano de 2013 por meio do PMSB foi realizada com resíduos sólidos urbanos e comerciais antes que os mesmos fossem coletados. Desta maneira, esta caracterização abrangeu tanto os resíduos da coleta seletiva quanto aqueles coletados pela coleta convencional, influenciando também, na diferença da geração per capita em 2016, considerando que o dado de geração per capita foi realizado apenas os resíduos encaminhados para o aterro sanitário.

- **Peso específico aparente**

Os dados obtidos com a pesagem dos tambores cheios e vazios são descritos na Tabela 2:

**Tabela 2 - Peso dos tambores para determinação do peso específico**

<b>Tambor</b>	<b>Peso Tambor Vazio (Tv) (Kg)</b>	<b>Peso Tambor Cheio (Tc) (Kg)</b>
<b>1</b>	13,5	67,8
<b>2</b>	13	50,5
<b>3</b>	13	50
<b>4</b>	13,5	53
<b>5</b>	15,5	49
<b>Total</b>	<b>68,5</b>	<b>270,3</b>

Os tambores utilizados possuíam volume de 200 litros cada, o somatório dos cinco tambores resultou no volume total de 1000 litros ou 1 m<sup>3</sup>. Desta forma, aplicando-se os valores na Equação 2 obteve-se o valor do peso específico aparente dos RSU do município de 201, 8 kg/m<sup>3</sup>.

No estudo de Carvalho e Ferreira (2005) o peso específico obtido foi de 171,46 kg/m<sup>3</sup>, concentrando o estudo somente nos resíduos domiciliares. A caracterização atual abrangeu os resíduos urbanos e comerciais.

Os resíduos que possuem uma quantidade maior de matéria orgânica possuem o peso específico mais elevado (SOARES, 2011). Pela existência de coleta seletiva no município, parte dos resíduos mais leves e volumosos não é encaminhada para o aterro sanitário. Os resíduos encaminhados para coleta seletiva não foram inclusos no cálculo do peso específico, o que pode ter influenciado no aumento deste valor em relação a 2005, além do intervalo de tempo entre as duas amostragens.

De acordo com Monteiro et al. (2001), na ausência de dados precisos deve-se considerar o valor de 230 kg/m<sup>3</sup> para os RSU, valor acima do encontrado no referente estudo. Barros (2012a) afirma que no Brasil o peso específico dos RSU varia entre 150 e 250 kg/m<sup>3</sup>. Observa-se que o valor determinado encontra-se dentro deste intervalo.

- **Composição Gravimétrica**

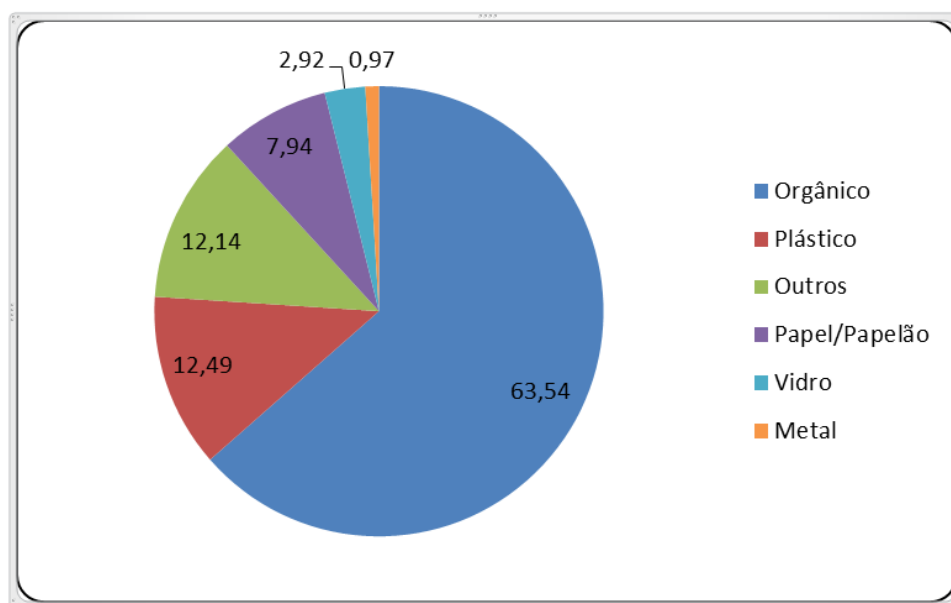
Os resultados obtidos com o cálculo da composição gravimétrica dos RSU do município de Hidrolândia são descritos na Tabela 3.

**Tabela 3 - Resultados da composição gravimétrica.**

Componente	Peso (Kg)	%
<b>Orgânico</b>	124,1	63,54
<b>Plástico</b>	24,4	12,49
<b>Outros</b>	23,7	12,14
<b>Papel/Papelão</b>	15,5	7,94
<b>Vidro</b>	5,7	2,92
<b>Metal</b>	1,9	0,97
<b>Total</b>	<b>195,3</b>	<b>100,00</b>

Observa-se, no Gráfico 1, que a maior parte dos resíduos é composta por resíduos orgânicos, 63,54% característica presente da composição dos RSU gerados pela população brasileira.

**Gráfico 1 - Composição gravimétrica dos RSU de Hidrolândia, Goiás.**



Mesmo com a coleta seletiva, 24,32% de materiais recicláveis como papel, plástico, vidro e metais ainda são encaminhados ao aterro sanitário. Observa-se ainda que a parcela significativa, 12,14% de resíduos, se enquadram na categoria “outros” que é composta por fraldas, papel higiênico, plásticos e papéis em estado que impossibilita a separação para quantificação.

Por meio da Tabela 4 é possível comparar os dados obtidos da composição gravimétrica com outros estudos realizados no município e com os valores definidos para a média brasileira estabelecida pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (MMA, 2011).

**Tabela 4 – Comparação de dados da composição gravimétrica de diferentes estudos realizados em Hidrolândia.**

Componente	Média Brasileira (MMA, 2011) (%)	Hidrolândia 2005 (Carvalho, 2005) (%)	Hidrolândia 2013 (PMSB, 2015) (%)	Hidrolândia 2016 (%)
<b>Orgânico</b>	51,4	64,18	72,36	63,54
<b>Plástico</b>	13,5	15,44	7,55	12,49
<b>Papel/Papelão</b>	13,1	10,59	14,86	7,94
<b>Vidro</b>	2,4	2,47	2,54	2,92
<b>Metal</b>	5,8	2,12	0,54	0,97
<b>Outros</b>	16,7	4,26	2,14	12,14

Observa-se que apesar da geração da parcela orgânica se encontrar acima da média brasileira, em comparação com outros estudos realizados no município, a porcentagem sempre esteve acima desta média.

A porcentagem de materiais plásticos se encontra pouco abaixo do valor definido pelo PNRS. Comparando os anos de 2005 e 2013 a quantidade desses materiais diminuiu, porém entre 2013 e 2016 esta porcentagem voltou a aumentar considerando ainda que a presente caracterização não considerou os resíduos da coleta seletiva. Durante a realização da caracterização gravimétrica notou-se que os resíduos que chegam ao aterro acondicionados dentro de vários sacos plásticos aumentando assim, a representatividade desta parcela de resíduos.

O Brasil possui composição média de 34,8% para materiais recicláveis (plástico, papel, papelão, vidro e metal) e o total encontrado no presente estudo correspondeu a 24,32%. Em comparação com 2005, os materiais recicláveis representavam 30,62% e em 2013, 25,49%. A redução de materiais recicláveis pode ser possível devido à implantação da coleta seletiva no município em 2013 e pela dificuldade encontrada em separar os diferentes tipos de componentes, ocasionada pela umidade e a mistura com a matéria orgânica.

Verificou-se com separação dos resíduos, a presença de vários componentes como roupas, tapetes, papel higiênico, fraldas descartáveis, que se enquadraram na categoria “outros”. Estes componentes resultaram em valores maiores que, a quantidade encontrada por Carvalho e Ferreira (2005) e a definida pelo PMSB (2013), porém menor que a média brasileira.

- **Teor de umidade**

Os dados obtidos no método de determinação do teor de umidade foram aplicados na Equação 3 e os resultados expostos na Tabela 5.

**Tabela 5 – Teor de Umidade dos RSU.**

Amostra	Teor de Umidade (%)
<b>1</b>	48,30
<b>2</b>	55,57
<b>3</b>	49,49

Para Soares (2011), altos teores de umidade indicam a presença significativa de matéria orgânica, pois, resíduos inorgânicos (metais, vidros, etc) possuem teores abaixo de 10%. A média de 51,12% encontrada para o teor de umidade indica a presença significativa de matéria orgânica nos resíduos sólidos analisados, resultado observado na determinação da composição gravimétrica. Monteiro et al. (2001), afirmam que os RSU possuem teores de umidade entre 40 e 60%. Os resíduos sólidos de Hidrolândia se encontram nesta faixa de umidade.

- **Determinação da curva de compactação de RSU**

Após o ensaio de compactação e aplicação dos dados coletados na Equação 4, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6 - Dados obtidos para determinação da curva de compactação dos RSU.**

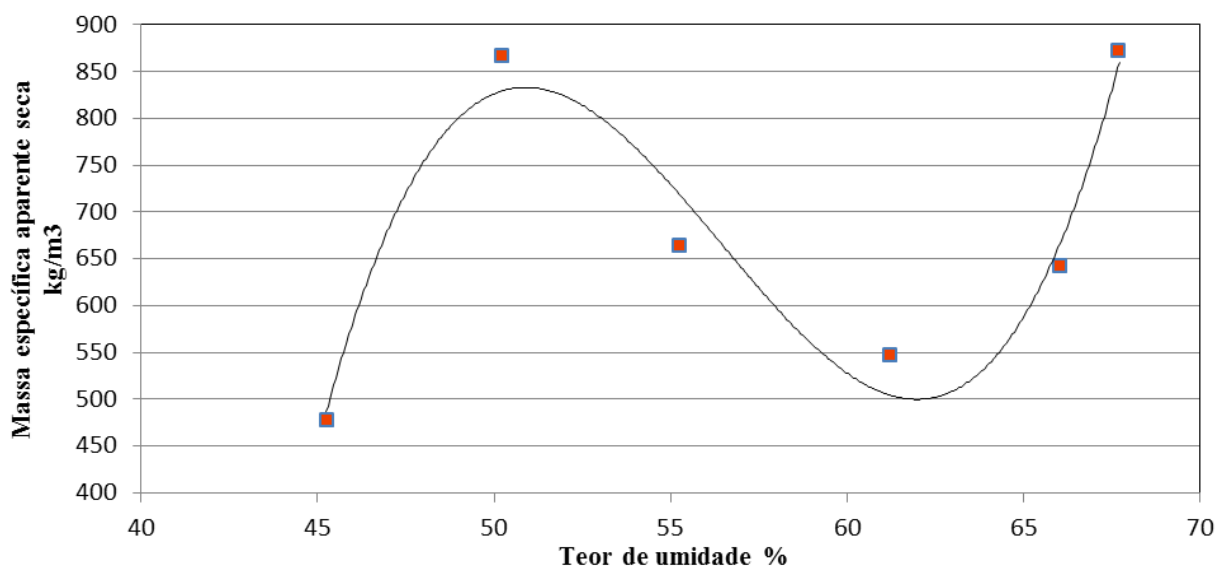
Ponto	Adição de água (%)	Peso Resíduo compactado (kg)	Teor de Umidade (%)	Massa Específica Aparente Seca (kg/m <sup>3</sup> )
1	0	0,995	45,24	477,536
2	6	1,805	50,22	865,856
3	10	1,819	67,96	871,055
4	14	1,384	55,29	663,568
5	18	1,141	61,25	546,736
6	22	1,338	66,06	640,827

Nota-se que o ponto 3 apresentou teor de umidade acima dos pontos 4, 5 e 6, sendo que estes últimos receberam maior porcentagem de água para realização do experimento.

Isso pode ser explicado porque os resíduos possuem composição heterogênea e provavelmente algum material presente na alíquota de resíduo utilizada para realização do ensaio no ponto 3 apresentou um teor de umidade maior que os demais resíduos dos demais pontos.

Com os resultados foi possível criar a curva de compactação dos resíduos sólidos demonstrado no Gráfico 2

**Gráfico 2 - Massa específica aparente seca em função da umidade, à energia Proctor Normal de compactação.**



Observa-se na curva de compactação dos RSU que densidade seca máxima é de 840 kg/m<sup>3</sup> e o teor umidade ótimo é de 51%. Os valores obtidos não se assemelham aos resultados encontrados por Araújo Neto et al. (2015) que foram de densidade seca máxima de 1040 kg/m<sup>3</sup> e o teor de água ótimo de 36,25%.

Conforme Fassett et al. (1994) apud Araújo Neto et al. (2015) os valores de massa específica variam de 0,31 até 920 kg/m<sup>3</sup> por camada que recebeu pequena compactação, 510 a 810 kg/m<sup>3</sup> para compactação moderada, e 900 a 1070 kg/m<sup>3</sup> para camada com boa compactação. Desta forma, considera-se que a massa específica encontrada neste estudo esteja entre pequena e moderada compactação.



Conforme Boscov (2008), o teor de umidade e massa específica dos RSU são de difícil determinação por causa da heterogeneidade, da variabilidade temporal da composição e por não haver ensaios normalizados específicos.

Observa-se que o teor de umidade ótimo encontrado no ensaio, 51%, está bem próximo do teor de umidade médio dos resíduos, 51,12%. Observa-se ainda que secagem dos ao ar livre dos resíduos por 30 dias resultou em perda de água, uma vez que a amostra sem adição de água apresentou teor de umidade de 45,24%, o que também foi averiguado em campo uma vez que a amostra inicial possuía peso de 115 kg e em pesagem realizada antes da coleta para realização do ensaio obteve-se um peso de 82,6 kg.

A curva de compactação obtida possui formato aproximadamente parabólico, conforme comportamento previsto na NBR 7182. No entanto devido a composição do RSU a curva de compactação pode apresentar-se de forma diferente se comparada ao solo. Para os resíduos de Hidrolândia não é necessário a pré-secagem dos resíduos, diferente dos resultados obtidos por Araújo et al. (2015), uma vez que o teor umidade ótimo está bem próximo do teor de umidade natural dos RSU.

- **Teor de cinzas**

Após o processo de calcinação das amostras de resíduos e aplicação dos dados nas Equações 5 e 6, obteve-se os resultados descritos na Tabela 7 para o teor de sólidos voláteis e o teor de cinzas.

**Tabela 7 – Teor de sólidos voláteis e teor de cinzas dos RSU.**

Amostra	Sólidos Voláteis (%)	Teor de Cinzas (%)
1	68,24	31,76
2	81,73	18,27
3	69,22	30,78

Para Soares (2011), teores de sólidos voláteis elevados indicam alta presença de matéria orgânica que ainda será degradada. Baixos teores de sólidos voláteis indicam que os resíduos já passaram pelo processo de degradação. Os resíduos sólidos analisados apresentaram altos teores de materiais voláteis, indicando que se encontram em fase inicial de degradação. Por meio dos resultados pôde-se observar que a Amostra 2 possuía maior teor de matéria orgânica por apresentar o maior teor de sólidos voláteis e menor teor de cinzas.

De acordo com Bilitewski et al. (1997) apud Machado (2015), os RSU europeus possuem 30% de cinzas, valor próximo a média de 26,93% determinado no presente estudo.

- **pH**

Na aplicação do método para cálculo do pH observou-se que 20 mL de água deionizada sugerida para adição em 20 g de amostra poderia não ser suficiente e não resultar no extrato para análise, desta maneira as outras duas análises foram realizadas adicionando-se 30 e 40 mL em outras duas amostras de 20 g. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 8.

**Tabela 8 - Resultado obtido para determinação do pH.**

Amostra	Peso da Amostra (g)	Quantidade de água deionizada (mL)	pH
1	20,04	20	5,64
2	20,06	30	5,65
3	20,06	40	5,71

Os resíduos analisados possuem pH médio de 5,67. Verifica-se que mesmo com a quantidade diferente de água deionizada o pH não apresentou variação significativa. Os valores de pH dos resíduos sólidos do município de Hidrolândia se encontram dentro da média apresentada por Monteiro et al. (2001), que relata que o valor do pH dos resíduos sólidos se encontra entre 5 e 7.

- **Lipídios e Gorduras**

Com a montagem do sistema por meio do método soxhelt e aplicação dos dados na Equação 7, obteve-se os resultados descritos na Tabela 9.

**Tabela 9 - Teor de lipídios e gorduras dos RSU.**

Amostra	Massa de Lipídios e Gorduras (g)	Teor de Lipídios e Gorduras (%)
1	0,1671	3,34
2	0,3171	6,34
3	0,3188	6,37

A presença de lipídios e gorduras está relacionada com a presença de componentes orgânicos. Palmisano (1996) apud Barros (2012b) define o teor de 6% de lipídios para os resíduos sólidos municipais. Por meio dos resultados obteve-se a média de 5,35% de lipídios e gorduras, valor próximo ao definido por Palmisano (1996). Verifica-se o valor menor obtido na amostra 1. A heterogeneidade do resíduo pode resultar em diferentes resultados em diferentes parcelas da amostra, por isso a importância de realizar análises em triplicata.

- **Nitrogênio e Carbono Orgânico**

Após a digestão das amostras para análise de nitrogênio e carbono orgânico, procedeu-se com a titulação. Os volumes gastos foram registrados e utilizando as Equações 8, 9, 10 e 11, obteve-se os valores descritos na Tabela 10.

**Tabela 10 – Nitrogênio e Carbono orgânico dos RSU.**

Amostra	Nitrogênio (g/kg)	Carbono Orgânico (g/kg)
1	74,02	543,51
2	88,14	413,82
3	80,99	405,9

Com os cálculos realizados é possível determinar a média de 81,05 g de nitrogênio por quilo de resíduos e 454,41 gramas de carbono orgânico por quilo de resíduos.

- **Proporção Carbono/Nitrogênio (C/N)**

Com os dados dos teores de carbono e nitrogênio foi possível determinar a relação entre eles, parâmetro essencial para planejamento da compostagem. A relação de 455 g/kg de carbono orgânico e 81 g/kg de nitrogênio resulta na proporção aproximada de 6:1.

De acordo com Monteiro et al. (2001), esta proporção pode variar entre 35:1 e 20:1. Tuomela, et al. (2000) apud Fialho (2007), considera para o início da compostagem a faixa de 25:1 a 40:1 como valor ótimo. Verifica-se que os resultados obtidos se encontram fora dos valores ideais preconizados em referências bibliográficas consultadas, desta forma, recomenda-se que em estudos futuros este parâmetro seja reavaliado.

Um dos fatores que podem influenciar nesta relação C/N obtida neste trabalho é que os resíduos de poda e varrição, que representam fonte de matéria orgânica carbonácea, não compõem os resíduos que são depositados no aterro sanitário.

## **CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

Com o diagnóstico e caracterização dos RSU realizados em Hidrolândia foi possível avaliar por meio da comparação com estudos realizados em 2005 e 2013 a evolução do município em relação à geração dos resíduos. Conclui-se que, houve uma redução dos resíduos encaminhados ao aterro.

Para a realização da amostragem verificou-se que a heterogeneidade dos RSU dificulta a obtenção de uma amostra homogênea que represente as características dos resíduos como um todo. A ausência de métodos específicos para caracterização de resíduos sólidos também gerou dificuldades para a análise dos mesmos. Vários métodos dentre eles, de análise de água e solo, foram testados e adaptados até a obtenção dos resultados apresentados. Os resultados obtidos para relação C/N encontram-se fora dos valores ideais preconizados em referências bibliográficas consultadas, desta forma, recomenda-se que em estudos futuros este parâmetro seja reavaliado.

Como observado, o galpão da cooperativa dos catadores necessita de melhorias estruturais e o planejamento de coleta seletiva precisa de reformulação, desta forma, sugere-se que a prefeitura apoie a realização de melhorias, dentre elas: a reforma e adaptação do galpão de triagem melhorando as condições de trabalho; a manutenção da prensa e o replanejamento da coleta diferenciada (coleta seletiva) e não diferenciada (coleta convencional).

A população brasileira possui ainda hábito de acondicionar os resíduos sólidos em vários sacos plásticos, aumentando assim a carga sobre o aterro e a redução de sua vida útil. A realização da educação ambiental e o desenvolvimento de alternativas para acondicionamento adequado e sustentável são instrumentos para redução de resíduos gerados desnecessariamente.

Como observado na visita ao local, as lâmpadas fluorescentes encontram-se armazenadas em local inadequado sofrendo com as intempéries, desta maneira recomenda-se que as mesmas sejam armazenadas temporariamente em local adequado, por exemplo, em uma das baias do galpão do aterro sanitário, evitando assim que, caso quebrem, não contaminem o solo. Recomenda-se ainda que as mesmas sejam encaminhadas para destinação adequada por meio da logística reversa.

Recomenda-se também que após a instalação do parque aquático Dream Park, que será o maior parque aquático conceitual do Brasil, uma nova caracterização dos RSU seja realizada com o objetivo de analisar o impacto desta atração turística na geração dos resíduos sólidos do município.

Apesar das dificuldades existentes na gestão dos resíduos sólidos, o município de Hidrolândia possui um avanço em relação a muitos municípios goianos, uma vez que possui aterro sanitário, coleta seletiva e plano de saneamento básico, realidade ainda não existente em outras unidades da federação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004a. 71 p
2. \_\_\_\_\_. NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004b. 21 p.
3. APHA - American Public Health Association . Standard Methods for examination of water and wastewater. 20th. ed.1999.
4. ARAUJO NETO, C. L.; NÓBREGA, B. M. A.; REIS, R. F.; MONTEIRO, V. E.D; PAIVA, W. Estudo da compactação dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2015, Fortaleza - CE.
5. BARROS, R. M. Tratado sobre resíduos sólidos – Gestão uso e sustentabilidade. Rio de janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2012a
6. BARROS, R. T. V. Elementos de gestão de resíduos sólidos. Belo Horizonte: Tessitura, 2012b. 424 p.
7. BOSCOV, M.E.G. Geotecnia ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
8. BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras

- providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: < [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 22 mar. 2016.
9. \_\_\_\_\_. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 22 mar. 2016.
  10. CARVALHO, P. L.; FERREIRA, O. M. Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares do município de Hidrolândia-GO. 2005. 24 p.
  11. CEN/TS - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - Technical Specification 14774-2:2009: Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 2: Total moisture - Simplified method. 2009.
  12. EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2016.
  13. EPA - US Environmental Protection Agency. SW – 846 Test Method 9045D: Soil and waste pH. Disponível em: < <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/9045d.pdf>> . Acesso em: 20 set. 2016.
  14. FALCÃO, A. A. Análises químicas de resíduos sólidos para estudos agroambientais. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química. Campinas, 2005. 97 p.
  15. FIALHO, L. L. Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos. Tese de Doutorado em Ciências - Química Analítica. Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. 170 p.
  16. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2016. Cidades. População estimada 2016. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=520970&search=goias|hidrolandia>>. Acesso em: 20 ago. 2016.
  17. MACHADO, C. F. Incineração: Uma análise do tratamento térmico dos resíduos sólidos urbanos de Barú/SP. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.
  18. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Elementos para a organização da coleta seletiva e projeto dos galpões de triagem. 2008. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu\\_urbano/\\_publicacao/125\\_publicacao20012011032243.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao20012011032243.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2016.
  19. MMA – Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos: versão preliminar para consulta pública. Brasília, 2011.
  20. MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A.F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J.C.X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. Manual integrado de gerenciamento de resíduos sólidos. Rio de Janeiro. IBAM, 2001.
  21. PREFEITURA DE HIDROLÂNDIA. Plano Municipal de Saneamento Básico. Hidrolândia, 2015.
  22. PREFEITURA DE HIDROLÂNDIA. Institucional. A Cidade. Dados Gerais. Disponível em: < <http://www.hidrolandia.go.gov.br/pagina/institucional/143-dados-gerais>>. Acesso em: 18 jun. 2016.
  23. SECIMA - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, RECURSOS HÍDRICOS, INFRAESTRUTURA, CIDADES E ASSUNTOS METROPOLITANOS. 2015a. Plano de resíduos sólidos do Estado de Goiás – Produto final. Disponível em: < <http://www.egov.go.gov.br/secima/plano-de-residuos-solidos-goias.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2016.
  24. \_\_\_\_\_. 2015 b. Plano de resíduos sólidos do Estado de Goiás – Elaboração do panorama geral dos resíduos sólidos 1ª parte. Disponível em: < <http://www.egov.go.gov.br/secima/plano-de-residuos-solidos-goias.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2016.
  25. SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2016. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014>>. Acesso em: 12 dez. 2016.
  26. SOARES, E. L. S. F. Estudo da composição gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011. 133 p.

## APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE INFORMAÇÕES PARA CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE HIDROLÂNDIA-GO

Este questionário compõe estudo sobre caracterização de resíduos sólidos urbanos e é conduzido por pesquisadoras do curso de Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. A coleta destas informações, além de gerar dados científicos, poderá contribuir para melhoria da gestão dos resíduos sólidos no município estudado.

**Pesquisadoras responsáveis:** Adjane Damasceno de Oliveira (professora) e Natália Gonçalves Paulino (aluna).

**Responsável(is) pelas informações prestadas no questionário:**

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2016

Contato: telefone: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

QUESTÃO		RESPOSTA	
<b>PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS</b>			
1	O município possui plano de gestão integrada de resíduos sólidos?	SIM	NÃO
1.2	Se sim, houve caracterização dos resíduos gerados no município para realização do diagnóstico?	SIM	NÃO
1.3	Se sim, quando foi realizada a última caracterização dos resíduos?		
1.4	Solicitar disponibilização deste dados de caracterização.		
<b>COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b>			
2	Existe serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos no município?	SIM	NÃO
3	A coleta é realizada em todos os setores do município?	SIM	NÃO
4	O sistema de coleta atende a zona rural?	SIM	NÃO
5	Qual a frequência da coleta?		
6.	Qual a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletadas diariamente?		
7	A coleta dos resíduos de limpeza pública (poda, varrição, etc) é realizada de forma diferenciada?	SIM	NÃO
7.1	Se sim, explicar como é realizada e se é possível diferenciar as quantidades de resíduos domiciliares e resíduos de limpeza urbana coletados no município.		
8	A coleta de resíduos sólidos urbanos é realizada pela prefeitura? Se a resposta for não, qual a empresa responsável pelo serviço: _____	SIM	NÃO
9	Quanto funcionários trabalham na coleta dos resíduos?		
10	Qual o tipo de veículo utilizado para coleta domiciliar?		



QUESTÃO		RESPOSTA	
11	Quantos veículos são utilizados para coleta domiciliar?		
12	Qual o volume máximo (capacidade) do (s) veículo (s) de coleta?		
13	A coleta convencional é planejada?	SIM	NÃO
13.1	<i>Solicitar planta/mapa do município que identifique os bairros e rotas de coleta.</i>		
14	Quantas viagens os caminhões de resíduos fazem até aterro sanitário diariamente?		
<b>COBRANÇA PELO SERVIÇOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b>			
15	Há tarifação o taxação dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos?	SIM	NÃO
16	Qual a forma de cobrança?		
17	Como é realizado o cálculo para cobrança?		
<b>DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS</b>			
18	O local de disposição final de resíduos sólidos (aterro sanitário) é licenciado?	SIM	NÃO
19	O local de disposição final de resíduos sólidos é operado pela prefeitura? Se não, descrever qual empresa responsável pelo serviço. ----- -----	SIM	NÃO
20	Qual a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados diariamente? Esse valor inclui resíduos provenientes da coleta seletiva?		
21	O aterro sanitário possui balança?	SIM	NÃO
21.1	Caso não tenha balança, como é calculada a quantidade de resíduos que chega ao local de disposição final de resíduos sólidos.		
22	Quantos funcionários trabalham no local de disposição final de resíduos sólidos?		
23	O aterro sanitário recebe apenas resíduos sólidos urbanos?	SIM	NÃO
23.1	Se não, descrever quais os demais resíduos recebidos.		
23.2	Se o aterro receber resíduos além dos sólidos urbanos, verificar quem é responsável pela coleta destes.		
23.3	Se o aterro receber resíduos além dos sólidos urbanos, verificar se há cobrança para realizar a disposição no local e qual o valor cobrado.		

	QUESTÃO	RESPOSTA	
COLETA SELETIVA			
24	O município possui coleta seletiva?	SIM	NÃO
24.1	Se sim, atende 100% da área urbana do município? Se não, descrever qual o percentual de atendimento.	SIM	NÃO
25	É a prefeitura que realiza a coleta seletiva?	SIM	NÃO
25.1	Se não, qual a entidade/instituição responsável pela coleta seletiva?		
26	A coleta seletiva é realizada junto com a coleta convencional?	SIM	NÃO
26.1	Solicitar disponibilização das rotas da coleta seletiva.		
27	Qual a frequência de realização da coleta seletiva?		
28	Qual a quantidade de resíduos recicláveis coletados diariamente?		
29	Qual o destino dos materiais recicláveis?		
30	Existe algum programa de educação ambiental no município que contemple a questão de resíduos sólidos?	SIM	NÃO
30.1	Se sim, qual?		
31	A área de lixão do município já foi recuperada?	SIM	NÃO