

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM VISTAS AO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RSU POR VIA BIOQUÍMICA E TÉRMICA**Átila Caldas⁽¹⁾**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (EP/UFBA); Mestre em Engenharia Ambiental Urbana (MEAU/UFBA); Doutorando em Energia e Ambiente (CIENAM/UFBA). e-mail: atilaeng@hotmail.com

Nicolle Regina Belfort Guerra

Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental (EP/UFBA). Estudante de Iniciação Científica (GEOAMB/EP/UFBA). e-mail: nicollebelfort@outlook.com

Sandro Lemos Machado

Engenheiro Civil (EP/UFBA). Mestre em Geotecnia (EESC/USP). Doutor em Geotecnia (EESC/USP). Pós-Doutorado pela Université Joseph Fourier- LIRIGM. Professor Titular da UFBA. e-mail: smachado@ufba.br

Ednildo Andrade Torres

Engenheiro Mecânico (EP/UFBA); Mestre em Engenharia Mecânica (USP); Doutorado em Engenharia Mecânica (UNICAMP). Pós-Doutorado pela Florida Agricultural and Mechanical University. e-mail: ednildotorres@gmail.com

Miriam de Fátima Carvalho

Engenheira Civil (EEK). Mestre em Geotecnia (EESC/USP). Doutora em Geotecnia (EESC/USP). Pós-Doutorado pela Université Joseph Fourier- LIRIGM. Professora na UCSal. e-mail: miriam@ucsal.br

RESUMO

O aproveitamento energético dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é realizado por meio da captação do metano (CH₄) gerado durante a degradação dos RSU em aterros e pode ser feito utilizando-se de tecnologias térmicas. O dimensionamento de projetos que visam a recuperação do CH₄ em aterros e de trabalhos que objetivem o aproveitamento energético destes materiais por via térmica necessitam de parâmetros que quantifiquem o potencial de geração de CH₄ (L₀) e da obtenção do Poder Calorífico (PC) dos RSU, respectivamente. Este trabalho objetiva a realização da caracterização dos RSU do aterro de Salvador - Ba para obtenção de parâmetros de projeto que permitam estimar o potencial de recuperação energética dos RSU por via bioquímica e térmica. Realizou-se a caracterização de amostras de RSU para obtenção da composição gravimétrica, determinação do teor de umidade (w), Sólidos Totais Voláteis e do PC dos RSU. Os ensaios empregados para caracterização indicaram que a fração pastosa aparece em maior percentual dos RSU (28%), apresenta maior w (167%) e contribui com 24% no PC dos RSU, enquanto que borracha e isopor que possuem maiores PC, contribuem juntos com apenas 2% do PC devido aos seus baixos percentuais na composição dos RSU desse município.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, aproveitamento energético, poder calorífico.

INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são compostos por materiais heterogêneos, tais como plástico, vidro, matéria putrescível e metal, possuem características que modificam com o tempo, o que dificulta o seu gerenciamento, tratamento e disposição final. A caracterização dos RSU para o conhecimento das propriedades físicas, químicas e microbiológicas dos RSU é fundamental para o dimensionamento de projetos que visem a recuperação energética do metano (CH₄) gerado na digestão anaeróbia dos RSU em aterros sanitários e em projetos que objetivem o tratamento térmico desses materiais com ou sem recuperação da energia e do calor gerado durante o processo de aquecimento e/ou queima controlada.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi criada no ano de 2010 para erradicar aos problemas relacionados com o mau gerenciamento dos RSU e traz como objetivo a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento de RSU e pôr fim à disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Com relação ao tratamento térmico, a PNRS permite a utilização de tecnologias que visem à recuperação energética dos RSU, desde que tenha comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovada pelo órgão ambiental. Ainda do ponto de vista energético, a disposição final em aterros sanitários concebidos como um grande biorreator permite a captação do CH₄ para geração de calor e de energia elétrica. No país, a elaboração de projetos de tratamento e aproveitamento energético dos RSU por via bioquímica e por via térmica encontra bastante dificuldades, haja vista às informações técnicas dos diversos parâmetros para subsidiarem essas análises são escassas, muitas vezes fazendo uso de dados de RSU de países com características diferentes da realidade brasileira.

A determinação da geração de CH₄ em aterros sanitários não é tarefa fácil, não obstante métodos expeditos têm sido desenvolvidos na literatura com base na Composição Gravimétrica (CG) e em outros parâmetros de caracterização dos RSU. Com vistas à quantificação do potencial de geração de metano (L₀) para os RSU de regiões tropicais, Machado *et al.* (2009) desenvolveram um método que leva em consideração a Fração Biodegradável (BF) de cada componente dos RSU - BF_w, o coeficiente estequiométrico (C_m) que indica a completa conversão do material orgânico em produtos gasosos e tudo isso é corrigido com o teor de umidade (w) dos RSU para representação das condições de campo.

O método proposto por Machado *et al.* (2009) é mostrado na equação 1 e a equação 2 é utilizada para calcular a Fração Biodegradável remanescente - BF_w(t) dos RSU com diferentes tempos de aterramento. Aplica-se na equação 2 uma relação entre o conteúdo de Sólidos Totais Voláteis em determinado instante - STV(t) e o valor do STV inicial - STV₀ para correção da BF de cada constituinte no tempo. Os parâmetros de entrada do método proposto por Machado *et al.* (2009) são obtidos na caracterização dos RSU e uma outra forma de obtenção do L₀ (m³ CH₄/Mg RSU) é feita por meio do ensaio do Potencial Bioquímico de Metano (BMP). Ressalta-se que este artigo não quantifica o L₀, bem como não objetiva a discussão dos diversos parâmetros para a sua obtenção, todavia maiores detalhes podem ser vistos em Machado *et al.* (2009) e em Caldas *et al.* (2014), este último traz informações sobre o ensaio do BMP.

$$L_0 = \frac{BF_w \cdot C_m}{1+w} \quad (\text{eq.1})$$

$$BF_w(t) = \sum_{i=1}^n BF_i \cdot FR_i \cdot \left[\frac{STV_t}{STV_0} \right] \quad (\text{eq.02})$$

Em se tratando do aproveitamento energético de RSU por via térmica, faz-se imprescindível à obtenção do seu Poder Calorífico (PC). O PC é dito superior (PCS) quando se recupera o calor de condensação da água e inferior (PCI) quando leva em conta o calor de vaporização da água e a quantidade de água que aparece na combustão da biomassa. Existem modelos matemáticos que são utilizados para quantificação do PCS e/ou do PCI, além disso o PCS pode ser obtido mais precisamente em laboratório por meio da utilização de bomba calorimétrica. Neste trabalho o PCS será quantificado em Base Seca (BS), possibilitando comparações mais confiáveis com dados da literatura em trabalhos que especifiquem a base de cálculo usada e a indicação do PC em superior ou inferior.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar os RSU do Aterro Sanitário Metropolitano Centro (ASMC) de Salvador-Ba, a fim de obter parâmetros de projeto que permitam estimar o potencial de recuperação energética dos RSU por via bioquímica e térmica. Ressalta-se que este trabalho é limitado apenas à obtenção dos parâmetros de caracterização dos RSU, não apresentando, portanto, a quantificação energética oriunda da utilização desses dados. Estudos mais detalhados sobre recuperação energética de RSU estão sendo desenvolvidos por esses mesmos autores e futuramente espera-se submeter um estudo um pouco mais avançado que o atual sobre essa temática.

MATERIAIS E MÉTODOS

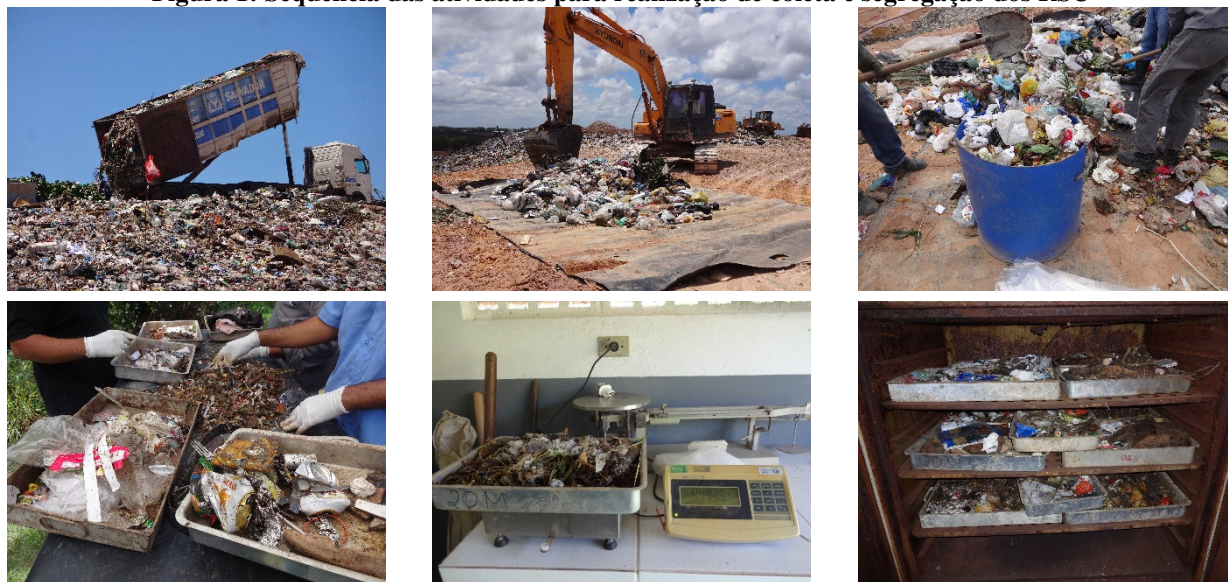
Coleta de amostras de Resíduos Sólidos Urbanos

Duas amostras de Resíduos Novos (RN, resíduos que ainda não sofreram aterramento) foram coletadas de forma similar em dois períodos distintos: uma no período seco em setembro de 2013 (RN09/13) e outra no período úmido em março de 2014 (RN03/14), junto à frente de lançamento de RSU do ASMC. O procedimento de coleta iniciou-se com a escolha de duas carretas provenientes da Estação de Transbordo do bairro de Canabrava. No momento da descarga, coletou-se 400 litros (cerca de 100 kg) de RSU de cada carreta com o auxílio de uma escavadeira. O material é colocado em uma manta plástica, procedendo-se com a homogeneização e quarteamento do material, até a obtenção de duas amostras representativas. Uma amostra de 60 kg é utilizada para caracterização dos RSU e outra com 15 kg é utilizada para determinação do teor de umidade global dos RSU.

Após a coleta dos RSU, realizou-se em regime de mutirão a separação manual e a secagem dos componentes dos RSU no laboratório de campo no próprio ASMC. Os diversos componentes foram segregados e adequadamente acondicionados para evitar alteração no teor de w e em seguida o material foi pesado individualmente. A Figura 1 apresenta uma sequência de fotos que ilustram o processo de coleta de amostras de RN em campo (a), homogeneização dos RSU (b), coleta de amostra representativa (c), separação manual dos componentes (d), pesagem dos constituintes

(e) e secagem em estufa à 70 °C (f). Os componentes foram separados em 9 categorias: papel/papelão, plástico mole/plástico rígido, borracha, metal, madeira/osso, vidro, pedra/cerâmica, têxtil e fração pastosa. Entende-se por fração pastosa os materiais orgânicos facilmente degradáveis (frutas, verduras e restos de alimentos) e moderadamente degradáveis (folhas), como também aqueles que não podem ser identificados ou não são possíveis de serem inseridos em outras categorias.

Figura 1: Sequência das atividades para realização de coleta e segregação dos RSU



Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos

A caracterização dos RSU com vistas a obtenção de parâmetros para análise energética por via bioquímica e via térmica abrange à determinação da CG, determinação do teor de umidade (w), teor de Sólidos Totais Voláteis (STV) e determinação do PC. O teor de STV é utilizado como indicador da quantidade de matéria orgânica presente na fração pastosa dos RSU para avaliação da degradação bioquímica em aterros sanitários e o PC é usado na análise térmica. Os ensaios de caracterização foram realizados no Laboratório de Geotecnia Ambiental da UFBA, com exceção apenas do ensaio do PC que foi feito no Laboratório de Energia e Gás do Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (CIEnAm).

A determinação do teor de w seguiu o método utilizado por Machado *et al.* (2009), Caldas *et al.* (2014) e Carvalho (2013), o qual é realizado de dois modos: a) por meio de amostra de 15 kg coletada para essa finalidade (umidade global); b) por meio da quantificação da massa total de água, massa úmida total e massa seca total do resíduo utilizado na determinação da CG (determinação de w para cada componente do RSU). A secagem dos RSU ocorreu em estufa a uma temperatura de 70 °C até constância de massa.

A CG permite observar os constituintes e suas respectivas porcentagens de ocorrência em massa de uma amostra representativa de RSU, subsidiando análises da biodegradabilidade e da valorização energética dos RSU. Como descrito anteriormente, os componentes foram separados em 9 categorias.

A determinação do STV das amostras de RN coletadas em setembro de 2013 e março de 2014 foi realizada com base nos procedimentos utilizados por Machado *et al.* (2009) e Caldas *et al.* (2014) em que se utiliza a fração pastosa seca, a qual foi quarteada até a obtenção de cerca de 1 kg do material e devidamente triturada, a fim de se reduzir o tamanho das partículas e aumentar a superfície específica. Todo material triturado foi colocado em estufa a 70 °C para secagem por 1 h. Após secagem, pequenas quantidades da amostra (20 a 30 g) foram colocadas em cadinhos de porcelana, os quais foram pesados e, em seguida, levados à mufla a 600 °C para calcinação durante 2 h. O valor do STV foi obtido pela diferença entre a massa da amostra após secagem na estufa e a massa após calcinação na mufla. Após a obtenção do valor do STV, obtém-se a porcentagem de Matéria Orgânica presente na fração pastosa por meio do produto entre esses dois parâmetros.

Nos ensaios de PCS, cada constituinte, já seco e segregado, foi quarteado até obtenção de amostra representativa de cada fração do material para posterior trituração mecânica e regularização do tamanho das partículas com auxílio de tesoura. Os ensaios de PCS são realizados com no máximo 1 g de cada componente seco dos RSU. Os ensaios de PCS foram feitos em triplicata para cada um dos constituintes dos RSU, permitindo a obtenção de um valor médio dos resultados do PCS. Para realização dos ensaios de PCS, utilizou-se como referência os trabalhos de Soares (2011) e

Carvalho (2013). A Figura 2 ilustra procedimentos, amostragens e equipamentos necessários para realização dos ensaios de PCS. Ressalta-se que os constituintes pedra/cerâmica, vidro e metal não são ensaiados devido às recomendações do fabricante da bomba calorimétrica e pelo fato de possuírem PC insignificantes.

Figura 2 - Sequência das atividades para realização dos ensaios de Poder Calorífico



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de Umidade

Os valores médios de w em base seca (BS) obtidos por constituinte de cada uma das amostras (RN09/13 e RN03/14), bem como as respectivas médias, são apresentados na Tabela 1. Verifica-se na Tabela 1 que existe significativa variabilidade no teor de w entre os constituintes. Os componentes vidro, pedra/cerâmica e metal, apresentaram os menores valores de w , devido à baixa capacidade de retenção de água destes materiais. Os componentes madeira, têxtil, borracha e plástico, apresentaram resultados de umidade dentro da faixa de valores apresentada na literatura. Carvalho (2013) obteve valor médio de umidade de 97% para o componente Madeira, enquanto que Maciel e Jucá (2013) obtiveram valores próximos de 60% para este mesmo componente. Devido à alta capacidade de retenção de água, os componentes papel/papelão e fração pastosa apresentaram valores médios superiores à 100%.

Tabela 1 - Teor de umidade em base seca dos componentes dos RSU

Teor de umidade (%) - BS									
Resíduos / Componentes	Madeira	Pedra / cerâmica	Têxtil	Borracha	Plástico	Vidro	Metal	Papel / Papelão	Fração Pastosa
RN09/13	76,82	13,35	25,32	72,66	80,30	2,02	11,33	186,35	187,09
RN03/14	88,61	6,87	98,57	61,98	68,97	1,62	22,20	107,22	146,98
Média	82,72	10,11	61,95	67,32	74,64	1,82	16,77	146,79	167,04

A Tabela 2 apresenta os valores do teor de umidade considerando a amostra global e considerando os valores de umidade de cada componente após a separação manual. Os resultados em BS mostraram que é pequena a diferença nos valores médios obtidos nessas duas formas de quantificação, indicando também ser pequena a perda de água durante o processo de segregação dos constituintes. O teor de umidade global médio (98% em BS) com que os RSU chegam ao ASMC é inferior ao resultado obtido por Carvalho (2013) para o Aterro de Barreiras-Ba que é de 107%. Os teores de umidade de RN (próximos de 100%) são superiores àqueles teores de w de RSU aterrados obtidos por Machado *et al.* (2009) para os RSU do ASMC que variaram de 57 a 63% para os tempos de aterramentos de 4 e 9 anos, fato normalmente esperado, haja vista que o processo de anaerobiose consome água durante as fases de decomposição da matéria orgânica. Do ponto de vista térmico, elevados teores de umidade dificultam a utilização de processos térmicos na medida em que demandam grande quantidade de energia para secagem do RSU, o que pode inviabilizar projetos que achem o aproveitamento energético dos RSU.

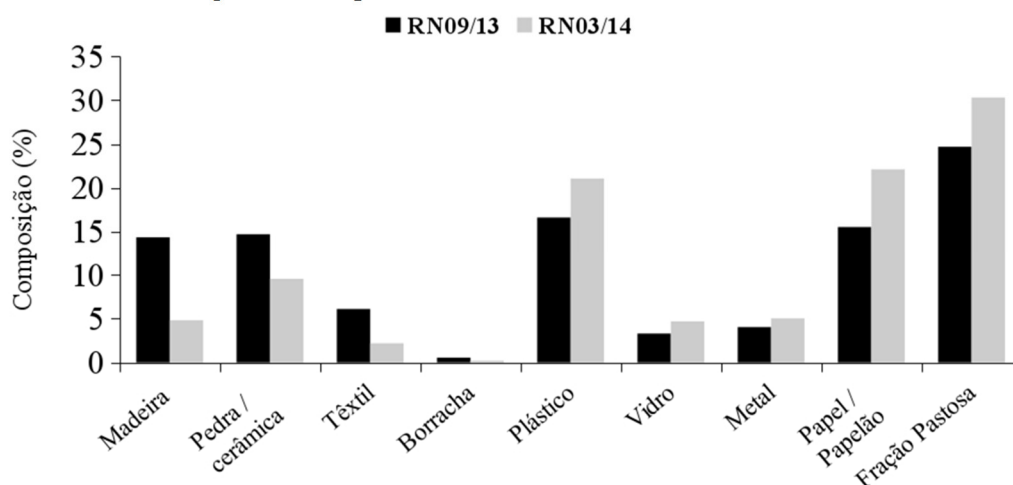
Tabela 2 - Teor de umidade da amostra global

Identificação	Umidade global em BS (%)		Umidade global em BW (%)	
	RSU como coletado	Após separação dos constituintes	RSU como coletado	Após separação dos constituintes
RN09/13	91,35	104,06	47,74	50,99
RN03/14	80,54	91,22	44,61	47,70
Média	85,95	97,64	46,18	49,35

Composição Gravimétrica (CG)

A Figura 3 apresenta a CG em BS das duas amostras de RSU estudadas. Verifica-se que a fração pastosa é o que possui maior ocorrência, com percentual de cerca de 25% da amostra RN09/13 e de 30% da amostra RN03/14, o que contribui substancialmente com a geração de biogás dos RSU, por outro lado é o componente que possui o maior teor médio de w (vide Tabela 1), ou seja, merece atenção especial em análises de aproveitamento energético de RSU por via térmica. Além da fração pastosa, no modelo de Machado *et al.*, 2009, os componentes papel/papelão, madeira e têxtil também contribuem com a geração de biogás. Estes constituintes, somados com os valores de fração pastosa, apresentam cerca de 61% da composição da amostra RN09/13 e cerca de 59% da amostra RN03/14, sendo, portanto, componentes com maior ocorrência dos RSU, o que implica em grande potencialidade de geração de biogás. Os componentes borracha, vidro e metal, somam cerca de 8% da composição da amostra RN09/13 e 10% da amostra RN03/14.

Figura 3: Composição Gravimétrica dos RSU em base seca



Sólidos Totais Voláteis (STV)

Os valores de STV e da Matéria Orgânica presentes na fração pastosa dos RSU obtidos para as duas amostragens, são apresentados na Tabela 3. Verifica-se dessa tabela que a média obtida para o STV foi de 52%, valor próximo daqueles obtidos por Maciel (2009) e Carvalho (2013) em amostras de RN, respectivamente 46% e 47%. Resultados de STV dessa ordem de grandeza são reportados na literatura para materiais com alto potencial de geração de biogás em aterros, enquanto que valores abaixo de 10% são característicos de biomassas em estágio avançado de biodegradabilidade e que inviabilizam intervenções para aproveitamento energético por via bioquímica. O percentual de Matéria Orgânica presentes na amostra, cerca de 14%, está na faixa do valor médio obtido por Carvalho (2013), cerca de 20%. Para STV variando de 16 a 58% e utilizando a equação 1, Machado *et al.* (2009) obtiveram L_0 variando de 20 a 66 $m^3 CH_4/Mg$ RSU. Em medidas diretas em ensaios de BMP de RSU com STV igual a 56%, Caldas *et al.* (2014) obtive L_0 de até 91 $m^3 CH_4/Mg$ RSU.

Tabela 3 - Teor de Sólidos Totais Voláteis e Matéria Orgânica dos RSU

Resíduos / Componentes	% Fração Pastosa	STV (%)	MO da Fração Pastosa (BS) (%)
RN09/13	24,70	55,80	13,78
RN03/14	30,30	48,38	14,66
Média	27,50	52,09	14,22

Poder Calorífico (PC)

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para o PCS em BS dos componentes dos RSU, o PCS com a CG e a contribuição no PCS de cada um dos constituintes dos RSU. Observa-se dessa tabela que o PCS total médio dos RSU foi de 3944 kcal/kg, sendo esse valor influenciado principalmente pelos componentes plástico filme e fração pastosa, esse primeiro embora apareça com cerca de 10% na CG média dos RSU, possui PCS individual superior a 8.000 kcal/kg, enquanto que a fração pastosa, mesmo apresentando o menor valor de PCS (3.505 kcal/kg), é o componente que aparece em maior percentual nos RSU estudados (cerca de 28%), justificando a contribuição desses constituintes no PCS de até 27%, ambos. O valor de PCS obtido por Carvalho (2013) para os RSU de Barreiras-Ba foi de 4.279 kcal/kg,

enquanto Maciel e Jucá (2013) obtiveram valores de PCS da ordem de 2840 kcal/kg para os RSU do aterro pernambucano e Soares (2011) obteve valores de PCS variando de 3030 a 4526 kcal/kg para um aterro no Rio de Janeiro. Cabe ressaltar que os dados de PC sozinhos não representam a capacidade de geração de energia, sendo importante levar em consideração, além de informações específicas do projeto, a capacidade de transformação de calor em energia elétrica do equipamento utilizado na unidade de tratamento e valorização energética de RSU.

Tabela 4 - Poder Calorífico em BS dos RSU do ASMC

Constituinte	PCS (kcal/kg)		PCS com a CG (kcal/kg)		Contribuição no PCS dos RSU	
	RN09/13	RN03/14	RN09/13	RN03/14	RN09/13	RN03/14
Plástico filme	8485,20	8207,69	830,70	1112,96	21,95	27,11
Plástico rígido	9463,33	9692,36	604,71	665,87	15,99	16,22
Fração pastosa	3272,24	3739,09	808,24	1132,95	21,35	27,60
Têxtil	5246,30	4086,78	320,02	89,50	8,46	2,18
Borracha	6412,89	6459,19	35,27	13,56	0,93	0,33
Papel/papelão	3793,64	3784,34	590,29	837,48	15,60	20,40
Madeira	3860,06	4014,80	555,46	193,51	14,68	4,71
Isopor	8723,47	9053,32	40,13	58,85	1,06	1,43
Total	-	-	3784,83	4104,67	100	100

CONCLUSÃO

O método empregado para caracterização dos RSU mostrou-se adequado para a realidade dos RSU do ASMC, esse forneceu dados importantes para o procedimento de determinação da geração de CH₄ propostos por Machado *et al.* (2009) e dados de PCS que possivelmente podem ser utilizados em trabalhos que vislumbram à avaliação energética de RSU por via bioquímica e térmica.

Os parâmetros obtidos por meio dos procedimentos experimentais da caracterização dos RSU permitiram determinar algumas das características dos RSU do ASMC. Os resultados de teor de w, CG e STV obtidos com as amostras RN09/13 e RN03/14 estão dentro das faixas de valores publicadas na literatura. Os componentes do RSU que possuem maior PC são o plástico rígido, isopor e plástico filme, com valores médios de PCS de 9.578, 8.888 e 8.346 kcal/kg, nesta ordem. Constatou-se nessa pesquisa que a fração pastosa, além de ser o componente que aparece em maior percentual na CG dos RSU (28%) é também o componente que possui o maior teor de umidade (167%), mas mesmo assim contribui com 25% no PCS do RSU como um todo, enquanto que borracha e isopor que possuem os maiores valores individuais de PCS e pouca capacidade de armazenamento de água, contribuem juntos apenas com 2% do PCS do RSU como todo devido aos seus baixos percentuais na CG dos RSU da capital baiana.

Por fim, ressalta-se que o conhecimento da caracterização dos RSU é de grande relevância para a determinação dos possíveis tipos de tratamento e/ou disposição final dos RSU, bem como para a adequação de projetos de recuperação energética do biogás gerado na digestão anaeróbia dos RSU em aterros sanitários e/ou sistemas que visem o tratamento térmico desses materiais com a recuperação da energia e do calor gerado durante o processo de aquecimento e queima controlada. Estudos mais detalhados sobre a temática desse artigo devem inserir a determinação da composição química dos RSU, composição elementar, bem como de outros parâmetros específicos à objetivação do respectivo estudo.

REFERÊNCIAS

- CALDAS, Á. S. MACHADO, S. L., KARIMPOUR-FARD, M., CARVALHO, M. de F.. MSW Characteristics and Landfill Gas Generation Performance in Tropical Regions. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, 2014.
- CARVALHO, J. L. V.. **Estimativa energética e recuperação de metano a partir dos RSU pelo processo de digestão anaeróbia e poder calorífico: estudo de caso Barreiras - Ba**. 2013. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica - EP, UFBA, Salvador, 2013.
- MACHADO, S. L., CARVALHO, M. de F., GOURC, J. P., VILAR, O. M., NASCIMENTO, J. C. F.. Methane generation in tropical landfills: Simplified methods and field results. **Waste Management**, v.29, p.153-161, 2009.
- MACIEL, F. J.. **Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos**. 2009. 333 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, UFPE, Recife, 2009.
- MACIEL, F. J., JUCÁ, J. F. T.. Biogas recovery in an experimental MSW cell in Brazil: lessons learned and recommendations for CDM projects. **Greenhouse Gas Measurement and Management**, v.1, p. 1-12, 2013.
- SOARES, E. L. de S. F.. **Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Dissertação (Programa de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.