

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

APLICAÇÃO DO MODELO WARM© PARA ESTABELECIMENTO DE CENÁRIOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE CAMPO GRANDE – MATO GROSSO DO SUL

Victor Andrés Patiño Mantilla, victor_pama@hotmail.com¹
Leidy Milena Mora Higuera, leidymlena65@hotmail.com¹
Laura Cortabarría Castañeda, lcortaba1@cuc.edu.co^{1,2}
Diego Luis Izidoro Silva, diegolasilva@live.com¹
Osvaldo José Venturini, osvaldo@unifei.edu.br¹
José Carlos Escobar Palacio, jocesobar@gmail.com¹

¹Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303 - Pinheirinho, Itajubá – MG, Brasil, 37500-903

²Universidad de la Costa, Cra. 55 #58-66, Barranquilla, Atlántico, Colombia

Resumo: O crescimento da população e o aumento da atividade industrial gera uma grande quantidade de resíduos sólidos. Para coletar e processar esses resíduos, são utilizados métodos como os aterros sanitários, reciclagem e a incineração; estes permitem uma melhor utilização dos resíduos, reduzindo os danos ambientais e de saúde para os seres humanos. Para quantificar a quantidade de resíduos de qualquer população do Brasil, é necessário primeiro, obter dados de crescimento populacional, disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Banco de Dados Adicionado SIDRA. Este estudo foi desenvolvido para a cidade de Campo Grande. O índice per capita de massa coletada para 2010 foi de 0,86 kg/dia de acordo com os dados extraídos do Diagnóstico do Manejo de RSU elaborado pelo Ministério das Cidades, em região Centro-Oeste. Considerando que a cidade Campo fica nesta região. A partir da informação obtida foram calculados os dados da geração diária e anual para os resíduos da cidade. A projeção da população foi estimada até o ano 2034. Os resultados e análises finais foram obtidos com auxílio da ferramenta WARM©, a partir de dois possíveis cenários onde fazendo uma adequada gestão dos resíduos sólidos, pode-se ter redução nas emissões de CO₂. Comparando o cenário base atual gerado das informações da cidade Campo Grande.

Palavras-chave: Gerenciamento, Resíduos Sólidos, Modelo WARM.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação pela preservação dos recursos naturais e de saúde pública com a geração de resíduos sólidos urbanos promove a criação e integração de novas políticas para fazer melhores práticas. O gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é definido no Art. 3º, inciso X do capítulo II, como o conjunto de ações, direta ou indiretamente exercidas, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada e o plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta lei (LEI Nº 12.305, 2010).

Neste documento serão estudadas as alterações que ocorrem quando existe uma adequada destinação final dos resíduos sólidos na cidade Campo Grande - MS. Considerando a composição gravimétrica atual e dois cenários de gerenciamento de resíduos sólidos, o primeiro no qual não tem porcentagem de resíduos sólidos em Redução na fonte e o seguinte no qual não tem porcentagem de resíduos sólidos dispostos em aterro sanitário. A PNRS define a destinação final ambientalmente adequada como a destinação dos resíduos que inclui a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e minimizar os impactos ambientais adversos. A disposição final ambientalmente adequada é definida pela PNRS como a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, tendo em conta as normas operacionais específicas (LEI Nº 12.305, 2010).

2. METODOLOGIA

O documento em questão é resultado da pesquisa aplicada, seguindo a metodologia descrita no livro: Tratado sobre Resíduos Sólidos - Gestão, Uso e Sustentabilidade, autoria da Engenheira Regina Mambeli. Estes foram avaliados mediante estudo de pesquisa realizada com dados estatísticos de fontes primárias, tais como: EPE Empresa de Pesquisa Energética, CBS Colégio Publishing e IBGE, "IBGE Sistema Automático de Recuperação - sidra," Banco de Dados Agregados entre outras fontes. A caracterização aplicada no exercício de pesquisa evidência de documentos, controle da medição de RSU e missões contaminantes que podem ser geradas num mau gerenciamento dos mesmos. O resultado da mostra melhorias substanciais em agentes geradores de GEE, poluição e emissões de carbono.

Calculo da projeção da População. Para a aplicação desta metodologia precisa-se da projeção a estimação populacional. Estes dados podem ser obtidos a partir de algum dos métodos apresentados neste documento, tendo em conta as condições da cidade onde se vai fazer o prognóstico, neste passo é importante analisar a tendência da curva da população. Assim primeiro se deve selecionar a amostra a ser analisada, no presente caso a projeção da população vai ser obtida a partir de modelos matemáticos que permite o cálculo do crescimento numa quantidade de anos.

Estimativa da quantidade de RSU coletados (t/ano).

Obtida a projeção da população precisa-se do valor de geração *per capita* de Resíduos Sólidos. É possível se obter a partir de dados de mapas temáticos, disponível no site do Ministério das Cidades, em seu Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (MDC, 2013), na qual define a quantidade do Índice de massa coleta *per capita* em relação à população urbana.

Considerando um acréscimo de 1% sobre o Índice per capita de massa coletada, pode ser possível se obter a quantidade diária coletada de RSU em kg, também a quantidade anual coletada de RSU em kg ou Ton. Além disso, pode-se calcular a quantidade acumulada anual coletada de RSU (MDC,2014).

Obtenção da composição gravimétrica de Campo Grande – MS. A informação está disponível pela prefeitura da cidade consultada.

Geração de cenário base da disposição final dos RSU em Campo Grande – MS. Este cenário é gerado a partir da informação obtida da cidade tendo em conta a gestão atual dos RSU, neste estudo foi levantada hipoteticamente, a quantidade total de resíduos gerada é encaminhada para disposição final em aterro sanitário.

Gerenciamento de cenários propostos na cidade Campo Grande – MS.

Os cenários são gerados para obter o melhor gerenciamento dos RSU, neste caso foram levantadas em 2034.

3. MATERIAIS

Como fonte e suporte tecnológico se uso o aplicativo WARM Modelo de Redução de Resíduos (WARM). O modelo calcula as emissões em toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (mtCO₂e) e toneladas de carbono equivalente (MTCE) em uma ampla gama de tipos de materiais comumente encontrados nos resíduos sólidos urbanos (RSU). (EPA-WARM, 2013)

4. ANTECEDENTES.

4.1. Abordando o panorama geral dos resíduos sólidos no Brasil pela ABRELPE.

Brasil registra a presença de lixões em todos os estados, o 60% dos municípios brasileiros ainda dispõem seus resíduos em locais inadequados. O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, que compreende 404 municípios, representando mais de 45% da população diz que foi gerado mais de 76 milhões de toneladas de RSU no ano 2013, o que representa um aumento de 4,1% em relação a 2012. (ABRELPE, 2013).

Os dados apresentados mostram como a destinação final é justamente o ponto mais deficiente no sistema de gestão de resíduos em Brasil. Sendo assim o 58,3% dos RSU coletados têm destinação final adequada. A outra quantidade que corresponde a 41,7% do que é coletado e totaliza 28,8 milhões de toneladas por ano, é depositada em lixões e aterros controlados, que pouco se diferenciam dos lixões, em termos de impacto ambiental. (ABRELPE, 2013)

4.2 PANORAMA DOS RESIDUOS SOLIDOS EM CAMPO GRANDE

A quantidade de RSU coletados em Campo Grande vem crescendo nos últimos 20 anos. A massa coletada em 2005, superior a 172 mil toneladas, foi mais de quatro vezes maior do que a coletada em 1985, quando não chegava a 44 mil toneladas. O anterior é consequência de o aumento da população e a ruim gestão na disposição final do lixo. As informações das toneladas coletadas por ano são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 1. Quantidade RSU coletados em Campo Grande em Toneladas [7].

Ano	Ton.
1985	43.925,7
1986	53.560,5
1987	57.911,3
1988	57.498,9
1989	64.947,9
1990	77.816,0
1991	88.952,4
1992	88.201,2
1993	90.388,2
1994	95.495,4
1995	111.573,8

Ano	Ton.
1996	122.806,1
1997	127.376,3
1998	134.295,9
1999	140.771,7
2000	147.124,6
2001	157.684,2
2002	160.693,8
2003	160.692,9
2004	171.249,3
2005	172.370,0

Os resíduos na tabela anterior representam o lixo domiciliar urbano coletado regularmente e disposto num aterro controlado da Prefeitura Municipal de Campo Grande. Esses dados apresentados revelam que vem crescendo ao longo dos anos a abrangência do serviço municipal de coleta de lixo. Considerando a população urbana apurada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos censos de 1991 e 2000 e na contagem de 199.617, pode-se calcular que a massa diária de RSU per capita evoluiu de 0,470 kg em 1991, para 0,568 kg em 1996, crescendo para 0,615 kg no ano 2000 (EPE, 2007).

4.2 METODOS PARA O CÁLCULO DA POPULAÇÃO.

Para modelar o crescimento populacional, existem alguns modelos matemáticos os principais métodos utilizados para o cálculo da população P, conforme assim com Quasim, 1985 onde as equações para os modelos são apresentadas segundo Von Sperling (Von Sperling, 2001).

Projeção aritmética: Crescimento populacional seguindo uma taxa constante. O método é utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão, com as equações (1) e (2) pode-se calcular o método.

$$P_t = P_0 + K_a * (t - t_0) \quad (1)$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0} \quad (2)$$

Projeção geométrica: Crescimento populacional em função da população existente a cada instante. Utilizado também para estimativas de menor prazo. A partir das equações (3) e (4).

$$P_t = P_0 * e^{K_g * (t - t_0)} \quad (3)$$

$$K_g = \frac{(\ln * P_2) - (\ln * P_0)}{t_2 - t_0} \quad (4)$$

Regressão Multiplicativa: Neste modelo é feito por um ajuste da progressão populacional por regressão linear (transformação logarítmica da equação) ou regressão não linear.

$$P_t = P_0 + r * (t - t_0)^s \quad (5)$$

Taxa decrescente de crescimento: Na medida em que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Também podem ser estimados os parâmetros por regressão não linear.

$$P_t = P_0 + (P_s - P_0) * [1 - e^{-K_d * (t - t_0)}] \quad (6)$$

$$P_s = \frac{(2 * P_0 * P_1 * P_2) - P_1^2 * (P_0 + P_2)}{P_0 * P_2 - P_1^2} \quad (7)$$

$$K_d = \frac{-\ln\left(\frac{P_s - P_2}{P_s - P_0}\right)}{t_2 - t_0} \quad (8)$$

Crescimento Logístico: O crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de S. A população tende a um valor de saturação assintoticamente. Os parâmetros também se podem estimar por regressão não linear. Tem que cumprir com as condições necessárias: $P_0 < P_1 < P_2$ e $P_0 < P_2 < P_1^2$. O ponto de inflexão na curva ocorre no tempo $t_0 - \ln c / K_1$ e com $P_t = P_s / 2$.

$$P_t = \frac{P_s}{1 + (c \cdot e^{K_1(t-t_0)})} \quad (9)$$

$$P_s = \frac{(2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2) - [P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)]}{(P_0 \cdot P_2) - P_1^2} \quad (10)$$

$$c = \frac{(P_s - P_0)}{P_0} \quad (11)$$

$$K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} * \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_2 - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right] \quad (12)$$

Comparação gráfica entre cidades similares: O método envolve a projeção gráfica dos dados passados da população em estudo. Estas curvas são utilizadas como referências na projeção futura da cidade em estudo.

Método da razão e correlação: Assume-se que a população da cidade em estudo possui a mesma tendência da região (região física ou política) na qual se encontra. Com base nos registros do censo, é calculado como: "população da cidade / população da região", e projetada para os anos futuros.

Previsão com base nos empregos: A população é estimada utilizando-se a previsão de empregos (realizada por algum outro órgão). Baseados nos dados anteriores da população empregada pode-se ter a relação "emprego / população", a qual é projetada para os anos futuros.

4.2. Desenvolvimento dos cenários de gerenciamento de resíduos sólidos.

Primeiramente foram escolhidos os dados do crescimento populacional de Campo Grande. Estes dados estão em Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE), onde foram tomados três anos base (IBGE, 1991, 2000, 2010).

De acordo com a análise, a cidade de Campo Grande em 1991 tinha uma população de 526.126 habitantes. Em 2000 tinha uma população de 663.621 e em 2010 cresceu a 786.787 habitantes. Embora, no tempo decorrido longo dos anos 1991-2000 o número de habitantes aumentou no período decorrido 2000 - 2010, com uma quantidade de 14.329 habitantes mais. Podemos observar na tabela, os dados populacionais encontrados para: capital, estado e país.

Tabela 2. Estimativo do aumento populacional da Cidade Campo Grande.

Fonte: Informação obtida do site do IBGE.

Ano	Campo Grande	Mato Grosso do Sul	Brasil
1991	526.126	1.780.373	146.825.475
1996	596.331	1.907.853	156.032.944
2000	663.621	2.078.001	169.799.170
2007	724.524	2.265.274	183.987.291
2010	786.797	2.449.024	190.755.799

Aplicando-se as equações (9), (10), (11) e (12) do método Crescimento Logístico utilizado para o cálculo da população P, pode-se estimar a quantidade de pessoas até o ano 2034. Não obstante para aplicação das equações, são condições necessárias que: $P_0 < P_1 < P_2$ e $P_0 < P_2 < P_1^2$. P_0 é igual á população no tempo t_0 , P_1 é igual á população no tempo t_1 e P_2 é igual á população no tempo t_2 . [10]

Tabela 3. Estabelecimento de condiciones iniciais do modelo

Fonte: Própria.

Tempo (tn, anos)	População (Pn, habitantes)
1991	526.126
2000	663.621
2010	786.797

Condição 1	$P0 < P1 < P2$	$526.126 < 663.621 < 786.797$ (Série aceita)
Condição 2	$P0 * P2 < (P1)^2$	$4,14E+1 < 4,40E+11$ (Série aceita)

Calcule-se a projeção da população e a geração de resíduos sólidos urbanos, na seguinte tabela:

Tabela 4. Prognóstico da quantidade total de Resíduos Sólidos coletados em Campo Grande – MS. Índice per capita de massa coletada.

Ano	Habitantes	Índice per capita de massa coletada (kg/hab*d)	Quantidade diária (kg*dia)
1991	526.126		
1996	596.331		
2000	663.621		
2007	724.524		
2010	786.797	0,86	676645,42
2011	797.849	0,869	693011,62
2012	808.64	0,877	709408,91
2013	819.167	0,886	725829,96
2014	829.424	0,895	742267,98
2015	839.41	0,904	758716,74
2016	849.123	0,913	775170,59
2017	858.561	0,922	791624,44
2018	867.724	0,931	808073,74
2019	876.612	0,941	824514,54
2020	885.227	0,950	840943,40
2021	893.57	0,959	857357,43
2022	901.642	0,969	873754,25
2023	909.448	0,979	890131,99
2024	916.991	0,989	906489,27
2025	924.273	0,998	922825,15
2026	931.3	1,008	939139,16
2027	938.075	1,019	955431,22
2028	944.604	1,029	971701,67
2029	950.891	1,039	987951,21
2030	956.943	1,049	1004180,89
2031	962.764	1,060	1020392,09
2032	968.36	1,070	1036586,48
2033	973.737	1,081	1052766,02
2034	978.902	1,092	1068932,93

Tabela 5. Prognóstico da quantidade total de Resíduos Sólidos coletados em Campo Grande – MS. Quantidade anual coletada de RSU.

Ano	Habitantes	Quantidade anual coletada de RSU (t/ano)	Quantidade acumulada anual coletada de RSU (t/ano)
1991	526.126		
1996	596.331		
2000	663.621		
2007	724.524		
2010	786.797	246975,58	2469755,78
2011	797.849	252949,24	2722705,02
2012	808.64	258934,25	2981639,27
2013	819.167	264927,93	3246567,21
2014	829.424	270927,81	3517495,02
2015	839.41	276931,61	3794426,63
2016	849.123	282937,27	4077363,90
2017	858.561	288942,92	4366306,82
2018	867.724	294946,92	4661253,73

2019	876.612	300947,81	4962201,54
2020	885.227	306944,34	5269145,88
2021	893.57	312935,46	5582081,34
2022	901.642	318920,30	5901001,64
2023	909.448	324898,18	6225899,82
2024	916.991	330868,58	6556768,40
2025	924.273	336831,18	6893599,58
2026	931.3	342785,79	7236385,37
2027	938.075	348732,40	7585117,77
2028	944.604	354671,11	7939788,88
2029	950.891	360602,19	8300391,07
2030	956.943	366526,03	8666917,09
2031	962.764	372443,11	9039360,21
2032	968.36	378354,07	9417714,27
2033	973.737	384259,60	9801973,87
2034	978.902	390160,52	10192134,39

Projeção para RSU até 2034, considerando a produção inicial em 2010 de 0,86 kg/dia per capita do Diagnóstico do Manejo de RSU do Ministério das Cidades, no Centro-Oeste.

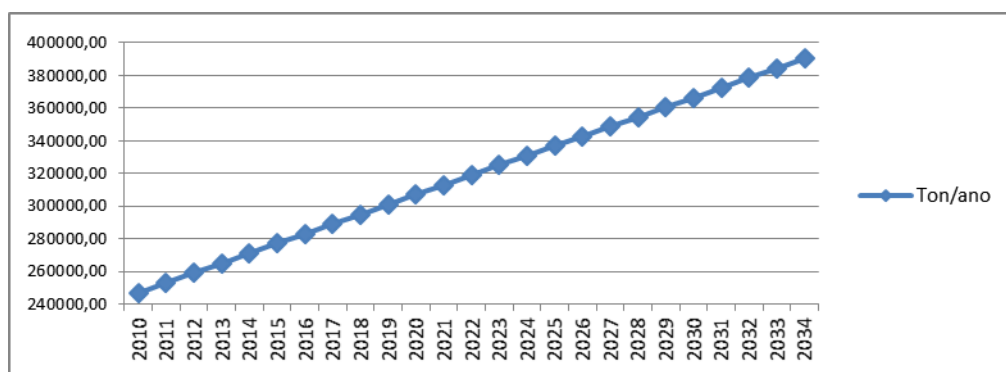


Figura 1. Projeção da quantidade anual coletada de RSU em Campo Grande – MS.

Para projeção dos cenários de gerenciamento dos RSU em Campo Grande, foi considerada a análise Gravimétrica realizada em 2001 pela Prefeitura Municipal de Campo Grande, da NOTA TÉCNICA DEN 06/08 obtida da EPE (Empresa de Pesquisa de Energética)

Para a análise das práticas de manejo de RSU foram determinados um cenário atual, hipoteticamente, a quantidade total de resíduos gerada é encaminhada para disposição final em aterro sanitário, os dois cenários foram simulados em 2034: O cenário 1 no qual não tem porcentagem de resíduos sólidos em redução na fonte e o Cenário 2 que não tem porcentagem de resíduos sólidos dispostos em aterro sanitário.

Tabela 6. Composição Gravimétrica em porcentagem e quantidade para Campo Grande. (EPE, 2013)

Material	Atual	
	Porcentagem (%)	Quantidade (t)
Matéria orgânica putrescível	66,4	259066
Papel e papelão	12,4	48380
Plásticos	11,1	43308
Metais	3,9	15216
Vidros	2,2	8583
Panos e trapos	1,9	7413
Folhas	0,9	3511
Madeira	0,7	2731
Borrachas e couros	0,5	1951
Materiais inertes	n.i.	n.i.
Total	100	390159

Tabela 7. Quantidade de Resíduos Sólidos nos cenários (redução na fonte, reciclada, aterro sanitário, incinerada).

Material	Quantidade de Resíduos Sólidos (t)							
	Redução na fonte		Reciclada		Aterro sanitário		Incinerada	
	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 1	Cen. 2
Matéria orgânica putrescível	0	0	0	0	129533	0	129533	259066
Papel e papelão	0	0	24190	24190	12095	0	12095	24190
Plásticos	0	0	21654	21654	10827	0	10827	21654
Metais	0	0	15216	7608	0	0	0	7608
Vidros	0	2861	4291,5	2861	4291,5	0	0	2861
Panos e trapos	0	2471	3706,5	2471	1853,25	0	1853,25	2471
Folhas	0	1,170,333	0	1,170,333	1755,5	0	1755,5	1,170,333
Madeira	0	1365,5	0	0	1365,5	0	1365,5	1365,5
Borrachas e couros	0	6,503,333	975,5	6,503,333	0	0	975,5	6,503,333
Materiais inertes	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Total	0	8,518,167	70033,5	60604,67	161720,8	0	158404,8	321036,2

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Os resultados obtidos com auxílio do software WARM forneceram as informações em toneladas métricas de Carbono equivalente (*Metric Tons of Carbon Equivalent*, MTCE, em inglês) e em BTU, conforme apresentado na figura seguinte:

A pesquisa apresenta três cenários; o primeiro é cenário proposto como base, onde os resíduos são dispostos em aterro sanitário. O cenário alternativo 1 não tem redução na fonte, mas tem outras formas de disposição final, como: reciclagem, incineração e o aterro sanitário.

O cenário alternativo 2 apresenta um cenário sem depósito de material no aterro sanitário, diminuindo a porcentagem do lixo gerada desde na fonte com uma porcentagem reduzida em outros tipos de disposição final. A simulação com seus resultados a seguir:

Simulação	Operação	Cenário	Emissões totais de GEE (MTCE)	Emissões totais de GEE (MTCO ₂ E)	Alteração total no uso energético (milhões BTU)
Simulação 1 (cenário atual versus Cenário 1)	Geração e gerenciamento de resíduos sólidos	Linha de base	18935	69430	152012
		Cenário 1	-41253	-151261	-2937768
		Emissões incrementais de GEE	-60188	-220691	-3089780
Simulação 2 (cenário atual versus Cenário 2)	Geração e gerenciamento de resíduos sólidos	Linha de base	18935	69430	152012
		Cenário 2	-51646	-189368	-3439163
		Uso incremental de energia	-70581	-258798	-3591174

Tabela 8. Simulação dos cenários propostos.

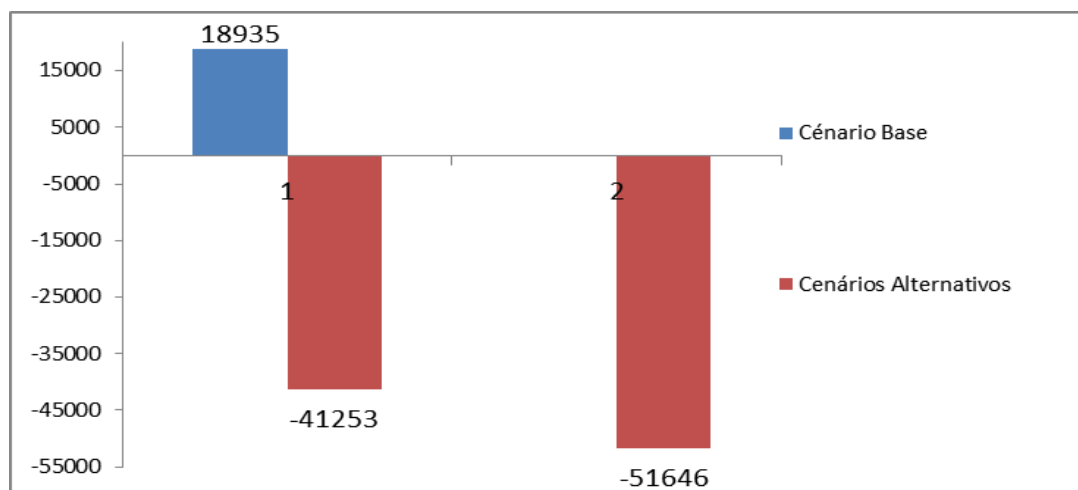


Figura 2. Comparação de emissões de GEE (MTCE) na cenária base VS cenários propostos.

Na figura 4. Amostra-se emissões iniciais de 18935 MTCE para esse caso e importante ressaltar que estabelecer uma política de redução de lixo no aterro diminuiria notavelmente as emissões, mudando a - 51646 MTCE. Em consonância com essa informação as emissões totais de GEE em MTCO_2E também se veem impactadas, desta maneira se reduzem de 69430 a 151261 e 189368 respectivamente nos cenários propostos. No caso da comparação das alterações totais no uso energético expressados em milhões de BTU geradas o processo indica que a implementação desses modelos se reduziria.

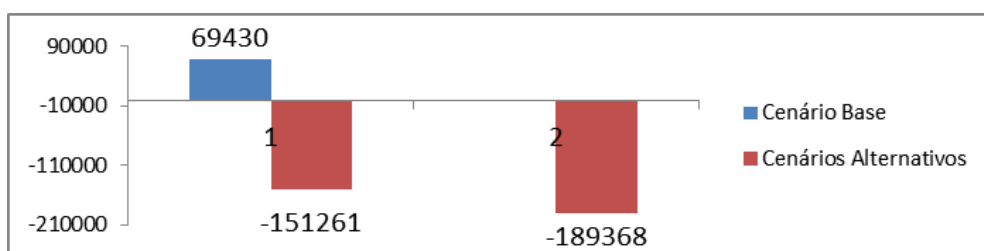


Figura 3. Comparação de emissões de GEE (MTCO_2E) na cenária base VS cenários propostos.

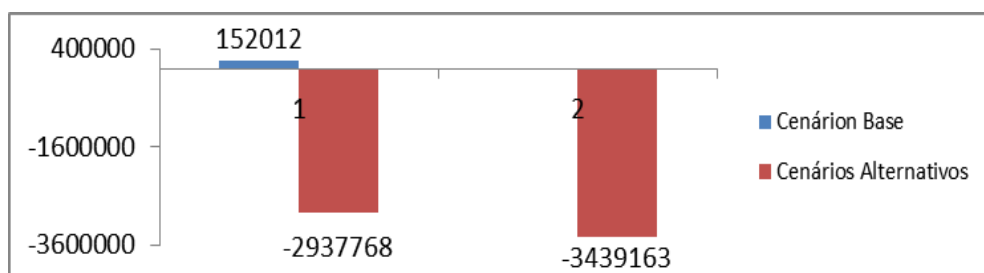


Figura 4. Comparação das alterações totais no uso energético (milhões de BTU), geradas no cenário base VS cenários propostos.

6. CONCLUSÕES

Em termos gerais a pesquisa teve como finalidade conhecer diferentes metodologias para aproveitar os resíduos sólidos urbanos, para esse processo procurou-se por opções que reduzam as emissões de gases ou agentes contaminantes. Para o panorama na cidade de Campo Grande observa-se que a quantidade de resíduos recolhidos tem aumentado ao longo dos últimos 20 anos em taxas elevadas porque a massa da população cresceu. Um exemplo claro é que, em 2005, foram coletadas quatro vezes mais toneladas de resíduos que em 1985. Também é notável o aumento da abrangência do serviço municipal de coleta de lixo nesta cidade. No primeiro cenário proposto não se reduziram os resíduos na fonte e por isso foram obtidos bons resultados, porque foi grande o percentual de resíduos destinados à incineração, conseguindo reduzir o uso energético. No cenário 2, o uso de aterro sanitário foi removido, e grande parte dos resíduos foi reduzida, o que possibilitou observar uma grande diminuição nas emissões totais de GEE (MTCE), Emissões totais de GEE (MTCO_2E) e Alteração total no uso energético. Quanto às projeções feitas para a cidade e de acordo com os resultados obtidos, observa-se na figura 2 que o valor de P_s (População de saturação) é de 1088727

habitantes. O número de pessoas aumenta nos dados do IBGE e nas previsões até 2040, isso evidencia claramente o crescimento da população. Nos resultados da composição gravimétrica antecipa-se que em 2040 haverá 3.901.605.2 toneladas de resíduos em geral, dos quais 66,40% são matéria orgânica, 12,40%, são papel e papelão, 11,10%, são plásticos, 3,9%, são metais, 2,2%, são vidros, 1,9%, são panos e trapos, 0,9% são folhas, 0,7% é madeira, 0,5% são borrachas e couros. Finalmente, é importante destacar a importância da projeção da quantidade de resíduos sólidos em qualquer população porque isto permite gerir através de modelos de previsão teórica e matemática a quantidade de resíduos no futuro e de acordo com os resultados fazer uma gestão eficiente para a planificação e aproveitamento de os resíduos.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e a Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES), pelo apoio financeiro para a execução deste trabalho.

8. REFERENCIAS

Lei nº12.305 de 02 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 (BRASIL, 2010a). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 de agosto de 2010. Introdução.

Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010. Introdução.

Panorama dos resíduos sólidos no brasil – 2013, ABRELPE, associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. MAPAS TEMATICOS – Resíduos Sólidos Urbanos: Região Nordeste.

BARROS R. M, Tratado Sobre Resíduos Sólidos – Gestão, Uso e sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2013.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Software; Waste Reduction Model (WARM©). Prot. Agency 2013.

Panorama dos resíduos sólidos no brasil – 2013, abrelpe, associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais.

OLIVEIRA, P. T. S. e PEIXOTO FILHO, G. E. C. Levantamento da Situação Atual da Reciclagem de Materiais Plásticos no Município de Campo Grande – MS. In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2007, Campo Grande. Anais. Campo Grande: ANTAC, 2007.

Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, Mato Grosso do Sul – EPE, Empresa de Pesquisa Energética, Novembro 2008. Serie Recursos Energéticos.

S. R. Quasim, “Wastewater treatment plants: planning, design, and operation”, CBS College Publishing, United States, 1985.

VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R.F. Lodo de esgotos: características e produção. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2001. 484 p.

IBGE, “Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA,” Banco de Dados Agregados. [Online]. Available: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>.

NOTA TÉCNICA DEN 06/08 obtida da EPE

9. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

WARM© MODEL APPLICATION FOR MANAGEMENT SCENARIOS ESTABLISHMENT OF SOLID WASTE IN THE CITY OF CAMPO GRANDE - MATO GROSSO DO SUL

Victor Andrés Patiño Mantilla, victor_pama@hotmail.com¹

Leidy Milena Mora Higuera, leidymlena65@hotmail.com¹

Laura Cortabarría Castañeda, lcortaba1@cuc.edu.co¹⁻²

Diego Luis Izidoro Silva, diegolasilva@live.com¹

Oswaldo José Venturini, osvaldo@unifei.edu.br¹

José Carlos Escobar Palacio, jocesobar@gmail.com¹

¹Universidade Federal de Itajubá, Av. BPS, 1303 - Pinheirinho, Itajubá – MG, Brasil, 37500-903

²Universidad de la Costa, Cra. 55 #58-66, Barranquilla, Atlántico, Colombia

Abstract. *Population growth and increased industrial activity generates a large amount of solid waste. To collect and process these waste are used methods such as landfills, recycling and incineration; It allows better use of waste, reducing environmental and health damage to humans. To quantify the amount of waste of any population of Brazil, you must first obtain the information from your data population growth, available on the website of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), Database Added CIDER. This study was developed for the city of Campo Grande. The per capita ratio mass collected for 2010 was 0.86 kg / day according to the data extracted from MSW Management Diagnostics prepared by the Ministry of Cities in the Midwest. Whereas the field city is in this region. From the information obtained we calculated the data of daily and annual generation for waste from the city. The projection of the population was estimated by the year 2034. The final results and analysis are obtained with the aid of WARM tool © from two possible scenarios where making proper management of solid waste, can be reduced emissions of CO₂. Comparing the current baseline scenario generated the city's information Campo Grande.*

Keywords: *Management, Solid Waste, Model WARM.*