

### III-135 – COMPOSIÇÃO VOLUMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB

**Francisco Tales Gomes Pereira<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

**Lilyanne Rocha Garcez Pereira<sup>(1)</sup>**

Professora Assistente da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Mestra em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

**Hosana Emília Abrantes**

Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

**Márcio Camargo de Melo**

Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**Veruschka Escarião Dessoles Monteiro**

Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Coordenadora do grupo de pesquisa em Geotecnia Ambiental.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Silva Barbosa, Nº 1059, Apto 212, Bairro: Bodocongó, Campina Grande – João Pessoa – Paraíba. Endereço eletrônico: [talesmail@gmail.com](mailto:talesmail@gmail.com)

#### RESUMO

A caracterização volumétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é uma ferramenta importante dentro da estrutura de gestão destes resíduos e serve como um indicador da quantidade que cada tipo de resíduos ocupa em volume nas células do aterro, indicando que a falta de programas de reciclagem e reutilização pode reduzir a vida útil desses resíduos. Assim, este estudo visa determinar a composição das frações de volume dos componentes do RSU na cidade de Campina Grande - PB, caracterizando os diferentes tipos de materiais através da composição volumétrica de resíduos soltos e compactados. O procedimento para a composição volumétrica foi baseado na literatura existente. Os dados obtidos para os resíduos soltos indicaram que a maior porcentagem de volume de RSU é composta de materiais orgânicos putrescíveis e plásticos, com valores aproximados de 38% e 29% respectivamente, e para os resíduos compactados o resultado foi similar com valores aproximados de 36% e 28%, respectivamente. Portanto, podemos concluir que o material orgânico e os plásticos representam a maior parte do volume de resíduos sólidos da cidade de Campina Grande-PB, onde a quantidade de plástico pode ser prejudicial, por influenciar o seu comportamento na compactação dos resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Composição volumétrica, Resíduos Sólidos Urbanos.

#### INTRODUÇÃO

A caracterização e o monitoramento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) envolvem parâmetros físicos que podem ser mais ou menos relevantes em função dos objetivos desejados e dentre os parâmetros mais importantes destacam-se as composições dos resíduos depositados (ALCÂNTARA, 2007).

A caracterização gravimétrica e volumétrica dos RSU é uma ferramenta importante dentro de uma estrutura de gestão desses resíduos. Quando dispostos nos aterros sanitários de resíduos sólidos, a sua caracterização passa ter uma maior importância, pois o conhecimento individual de cada constituinte dos resíduos, em peso e em volume, informa a quantidade da fração biodegradável existente dentro da massa de resíduos, o que contribui para o correto dimensionamento dos sistemas de drenagem e tratamento de líquidos lixiviados, além de permitir avaliar o potencial de geração de biogás.

A composição gravimétrica permite identificar o resíduo gerado, sendo a etapa inicial de qualquer definição posterior de gerenciamento, constitui uma informação importante na compreensão do comportamento dos resíduos, aterrados ou não, e expressa, em percentual, a presença de cada componente, em relação ao peso

total da amostra dos resíduos (MELO & JUCÁ, 2000). Além da composição gravimétrica, também é utilizada a caracterização volumétrica dos resíduos sólidos que é ferramenta importante para o dimensionamento do potencial de geração de biogás, pois além de classificar individualmente cada constituinte dos resíduos em volume, informa a quantidade e fração biodegradável existente dentro da massa de lixo.

Segundo Mariano *et al.* (2007) as análises de composição volumétrica servem como indicador de quanto cada tipo de resíduo ocupa em volume das células de aterramento e mostra que a falta de programas de reaproveitamento e reciclagem fazem com que os aterros diminuam a sua vida útil além de diminuir a quantidade de matéria orgânica a ser disposta e conseqüentemente a geração de biogás para a mesma área.

A composição dos resíduos de um local varia em função de diferentes fatores, como o número de habitantes do município, o nível educacional da população, o poder aquisitivo e o nível de renda familiar, os hábitos e os costumes da população, as condições climáticas e sazonais e a industrialização de alimentos. Os estudos de caracterização física dos resíduos contribuem, ainda, para o monitoramento ambiental, na compreensão do processo de decomposição dos resíduos e na estimativa da vida útil da área (VIEIRA, 2000).

Nesse sentido, esse trabalho tem como objetivo determinar a composição volumétrica das frações constituintes dos RSU da cidade de Campina Grande-PB, caracterizando-os quanto aos diferentes tipos de materiais nele existente por meio da composição volumétrica dos resíduos soltos e compactados e comparando o resultado com a composição gravimétrica (em peso) desses resíduos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Campina Grande está localizado na mesorregião Agreste do Estado da Paraíba. Possui uma área de aproximadamente 621 km<sup>2</sup>. De acordo com o IBGE (2007) possui uma população de aproximadamente 380.000 habitantes. O município caracteriza-se por escassez de área de deposição de resíduos e os serviços de coleta de lixo domiciliares, hospitalares e industriais, limpeza dos prédios da administração municipal, segurança dos prédios, obras civis, transporte escolar, manutenção de estradas ou vias urbanas e contabilidade são terceirizados pela Prefeitura do Município.

A metodologia aplicada para obtenção representativa dos resíduos do município está descrita em Leite (2008) e subdividiu-se nas seguintes etapas: levantamento de dados, plano de amostragem, coleta e amostragem e determinação da composição gravimétrica e volumétrica. A etapa de levantamento dos dados teve como objetivo formular o plano de amostragem. Para isto, foram feitas entrevistas com o diretor da Diretoria de Limpeza Urbana (DLU) e o gerente da empresa coletora terceirizada pela Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG), visando obter informações sobre a geração e coleta dos resíduos sólidos domiciliares da cidade, bem como informações sobre bairros da cidade que poderiam fazer parte do plano de amostragem.

Visando obter amostras representativas dos RSU da Cidade de Campina Grande verificou-se a necessidade de se estabelecer um plano de amostragem que foi delimitado pela escolha de três bairros baseados no critério de condição social de modo a obter uma amostra representativa dos resíduos de Campina Grande. Os bairros selecionados foram Mirante, Catolé e Argemiro Figueiredo, respectivamente bairros de classe alta, média e baixa. A unidade amostral foi definida a partir dos resíduos coletados nesses 3 bairros.

Para a realização da coleta e amostragem utilizou-se o procedimento recomendado pela norma NBR 10007 (ABNT, 2004) – Amostragem de Resíduos. A coleta das amostras foi realizada utilizando-se um caminhão compactador com capacidade aproximada de 9ton, com rotas definidas pela DLU da Prefeitura Municipal de Campina Grande passando pelos três bairros mencionados.

A coleta foi realizada no período noturno. Terminada a coleta, já pela manhã, o caminhão foi encaminhado para a área de amostragem, localizada na Universidade Federal de Campina Grande para triagem do material coletado. É importante ressaltar que a equipe composta para realização desse trabalho estava equipada com EPI's (equipamentos de proteção individual) e foram tomados os cuidados necessários para realização do trabalho.

Anteriormente à triagem, foram efetuadas as seguintes etapas para caracterização e obtenção de uma amostra representativa dos resíduos: O caminhão compactador realizou o descarregamento do material e, após esse

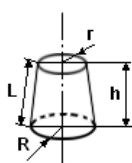
descarregamento, com o auxílio de uma enchedeira, esses resíduos foram devidamente homogeneizados e depois divididos em quadrantes formando quatro pilhas, das quais, duas foram descartadas e as outras duas homogeneizadas novamente, formando uma única pilha. A Figura 1 ilustra tais procedimentos. Após o processo de homogeneização e quarteamento dos RSU provenientes da rota selecionada para a pesquisa, foi obtida a amostra final de onde foram retiradas as parcelas para preenchimento do lisímetro e caracterização inicial que envolveu a composição gravimétrica e volumétrica dos resíduos.



Figura 1. Descarregamento, homogeneização do material e divisão das pilhas

A partir da pilha final foi retirada uma amostra com aproximadamente 150kg para a triagem e pesagem dos principais componentes que constituem os resíduos. Essa amostra foi composta de resíduos retirados da base, do meio e do topo da pilha final. A separação dos resíduos foi feita por meio de recipientes devidamente identificados. A caracterização dos resíduos sólidos foi efetuada em dois níveis: identificação e distribuição dos grupos de substâncias. A distribuição dos grupos foi realizada, de acordo com as categorias: matéria orgânica, papéis e papelões, compostos, têxteis sanitários, plásticos, vidros, metais e outros.

O procedimento de composição volumétrica dos resíduos foi baseado na metodologia realizada por Catapreta & Simões (2008) e Mariano *et al.* (2007). Esse procedimento foi realizado imediatamente após a caracterização gravimétrica, no qual, após a pesagem mediu-se o volume desses resíduos. Os recipientes utilizados foram em forma de cone (Figura 2), cujo diâmetro varia de acordo com a altura do recipiente. Portanto, com medida do diâmetro menor (base do recipiente) passou-se a medir a altura e o diâmetro maior com o auxílio de régua e trena métrica, e, por meio da Equação 1 obteve-se o volume dos resíduos soltos.



$$V = \frac{\pi h(R^2 + Rr + r^2)}{3}$$

(Equação 1)

Onde h: altura encontrada, R: raio maior e r: raio menor.

Posteriormente, compactaram-se os resíduos com um soquete confeccionado em concreto no molde dos recipientes utilizados. O soquete possuía uma área aproximadamente de 0,503m<sup>2</sup>, volume 0,075m<sup>3</sup> e peso 26,00Kg. Os resíduos foram compactados estaticamente e em seguida mediu-se a altura e o diâmetro e obteve-se o volume dos resíduos compactados (Figura 2).



Figura 2. Determinação da composição volumétrica.

Com esses procedimentos determinou-se a composição volumétrica dos RSU da cidade de Campina Grande.

A massa específica aparente solta foi determinada a partir da pesagem dos recipientes que foram preenchidos com os resíduos para realizar a caracterização física, ou seja, as composições gravimétricas e volumétricas. Na pesagem foi utilizada uma balança manual com capacidade máxima de 150kg e sensibilidade de 0,1kg. O ensaio seguiu recomendações de IPT/CEMPRE (2000) e CETESB (1990) *apud* Leite, (2008).

A massa específica aparente solta da amostra foi calculada pela relação entre a massa e o seu volume de acordo com a Equação 2. Semelhantemente a massa específica aparente compactada da amostra foi calculada pela relação entre a massa e o seu volume compactado de acordo com a Equação 3.

$$\rho_s = \frac{M - M_r}{V} \quad \text{Equação (2)}$$

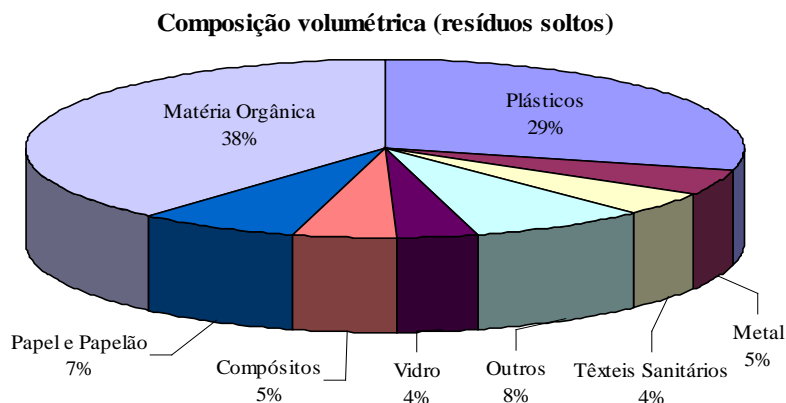
Onde:  $\rho$ : massa específica aparente solta ( $\text{kg/m}^3$ ); M: massa de resíduos (kg);  $M_r$ : massa do recipiente (kg); V: volume do recipiente ( $\text{m}^3$ ).

$$\rho_c = \frac{M - M_r}{V} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:  $\rho$ : massa específica aparente compactada ( $\text{kg/m}^3$ ); M: massa de resíduos (kg);  $M_r$ : massa do recipiente (kg); V: volume do recipiente ( $\text{m}^3$ ).

## RESULTADOS

A Figura 3 mostra os resultados obtidos por meio da composição volumétrica dos resíduos soltos e a Figura 4 mostra os resultados obtidos por meio da composição volumétrica dos resíduos compactados



**Figura 3. Composição volumétrica dos resíduos sólidos urbanos soltos.**

Os resultados obtidos para os resíduos soltos inferem que as maiores porcentagens dos RSU da cidade de Campina Grande são compostos por matéria orgânica putrescível e plásticos, com valores aproximados de 38% e 29%, respectivamente. Segundo diversos autores, o valor acentuado de matéria orgânica é característico de países subdesenvolvidos e o alto teor de plásticos pode ser justificado, principalmente, pela presença de grande quantidade de invólucros de supermercados nos resíduos, indicando que a triagem desse material não vem ocorrendo nos domicílios.

O resultado obtido para os resíduos compactados foi semelhante ao obtido para os resíduos soltos, alcançando valores aproximados para matéria orgânica putrescível e plásticos de 36% e 28%, respectivamente. Tanto para os resíduos soltos quanto os compactados, os resultados obtidos para papéis e papelões, compósitos, têxteis sanitários, vidros, metais e outros totalizaram a soma em menos de 40% do volume dos resíduos indicando menor representatividade na caracterização física.



Composição volumétrica (resíduos compactados)

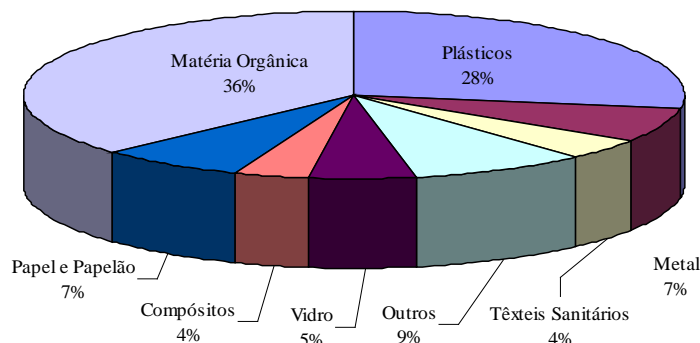


Figura 4. Composição volumétrica dos resíduos sólidos urbanos compactados.

Catapreta & Simões (2008) determinaram a composição volumétrica dos resíduos RSU dispostos em Aterro Sanitário Experimental. Os resultados encontrados demonstraram similaridade com os resultados encontrados nesta pesquisa, tendo a predominância da matéria orgânica, com média de 24%. Para as frações de papel e plástico o resultado encontrado pelos autores foi de 66,5% sendo considerado um percentual elevado. Pereira *et al.* (2010) determinou a composição gravimétrica desses resíduos demonstrando que a maior parte dos RSU da cidade de Campina Grande é composto por matéria orgânica putrescível, atingindo um valor aproximado de 66% (percentagem em peso) do total dos resíduos colhidos na cidade.

Junqueira (2000) define a massa específica como a massa do material por unidade de volume. Quando se refere a massa específica dos resíduos sólidos, vale salientar as condições em que a massa está associada, considerando a grande variação existente entre seus vários estados. Para o autor valores em torno de  $0,3\text{t/m}^3$  são considerados lixo solto, em torno de  $0,5\text{t/m}^3$  lixo no caminhão compactador e mais de  $1\text{t/m}^3$  lixo muito compactado. Os valores dependem de uma série de fatores tais como equipamentos utilizados, teor de umidade, composição do lixo etc.

A tabela 1 mostra os valores da composição gravimétrica, composição volumétrica solta e compactada e massa específica aparente solta e compactada determinados nesta pesquisa.

Tabela 1. Valores obtidos por meio da caracterização física dos RSU.

RESÍDUOS	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA (%)	COMPOSIÇÃO VOLUMÉTRICA – SOLTO (%)	COMPOSIÇÃO VOLUMÉTRICA – COMPACTADO (%)	MASSA ESPECÍFICA – SOLTA ( $\text{kg/m}^3$ )	MASSA ESPECÍFICA – COMPACTADA ( $\text{kg/m}^3$ )
Plásticos	11	29	27	88,80	133,50
Metal	3	5	7	149,64	158,09
Têxteis Sanitários	4	4	4	222,45	321,88
Outros	6	8	9	165,09	212,83
Vidro	4	4	5	241,46	244,10
Compósitos	1	5	4	68,23	123,17
Papel e Papelão	5	7	7	172,88	259,93
Matéria Orgânica	66	38	37	412,89	616,23

De acordo com a tabela 1, nos resultados de composição gravimétrica, a matéria orgânica atingiu um valor aproximado de 66% (percentagem em peso) e para os plásticos um valor aproximado de 11% (percentagem em peso) do total dos resíduos. A presença de plásticos não foi elevada devido as suas baixas massas específicas que contribuem para um menor valor em seu peso.

No caso da composição volumétrica observa-se que o teor de plástico é muito superior quando comparado com a composição gravimétrica (cerca de 40% em Campina Grande), pois é um material de leve massa molecular, mas em grande quantidade apresenta volumes excessivos. Segundo Leite (2008) esses percentuais elevados

pode ser justificado também pela falta de programas de reciclagem eficientes na cidade, fato que poderá levar a uma diminuição do tempo de vida útil de um aterro sanitário local.

Os resultados demonstram que a quantidade de plásticos, papéis e matéria orgânica varia bastante quando o percentual em massa é convertido para volume, indicando que estes materiais podem exercer grande influência no comportamento de um aterro sanitário.

Segundo Pinto (2000) *apud* Garcez (2009), os plásticos ao serem lançados em aterros dificultam a compactação dos resíduos e prejudicam a decomposição dos materiais putrescíveis, pois criam camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica. Portanto, conforme Leite (2008) a triagem dos plásticos filmes é de extrema importância e deve ser valorizada, para que as condições de aterro sejam melhoradas.

A massa específica aparente compactada foi determinada mediante a quantidade em massa dividida pelo volume útil dos resíduos colocados dentro do lisímetro, conforme demonstrado nas equações 2 e 3. Portanto, o valor da massa específica aparente solta e compactada para a matéria orgânica foi de  $412,89 \text{ kg/m}^3$  e  $616,23 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente. Observa-se que os valores para massa específica solta com maior influência é a matéria orgânica, e posteriormente, os vidros ( $241,46 \text{ kg/m}^3$ ), os têxteis sanitários ( $222,45 \text{ kg/m}^3$ ) e os papeis e papelões ( $172,88 \text{ kg/m}^3$ ). Para os valores da massa específica compactada é a matéria orgânica, e posteriormente, os têxteis sanitários ( $321,88 \text{ kg/m}^3$ ), os papeis e papelões ( $259,93 \text{ kg/m}^3$ ) e os vidros ( $244,10 \text{ kg/m}^3$ ). Os valores de têxteis sanitários e papeis e papelões são maiores para a massa específica compactada, pois após a sua compactação o volume é reduzido, aumentando o valor da massa específica, o que não acontece para os vidros, pois esse material não possui diferença quantitativa em seu volume solto para seu volume compactado.

Segundo Mahler & Lamare Neto (2000) *apud* Garcez (2009) no caso dos resíduos sólidos, em função da heterogeneidade da massa, o estudo da massa específica requer muita atenção, pois a gravimetria e granulometria variam de acordo com a composição dos resíduos, que sofre a influência de fatores que vão desde a sazonalidade de eventos, ao poder aquisitivo da população atendida pela coleta dos resíduos sólidos, até as crises econômicas.

Para Leite *et al.* (2008) componentes como plástico e papéis são potencialmente recicláveis e o aumento dos seus percentuais podem indicar um aumento de consumo de produtos industrializados, bem como indicar que programas de coleta seletiva e reciclagem não estão sendo eficazes na redução dessas frações no município.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A matéria orgânica e os plásticos representam a maior parcela em volume dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB. Esse teor de plástico pode ser prejudicial, exercendo influência sobre o seu comportamento, principalmente quando da compactação dos resíduos;

A quantidade de alguns materiais em peso não reflete tanto em volume, porém, para os plásticos, a quantidade em volume foi muito superior que em peso, apresentando um aumento significativo e indicando a importância de se considerar o efeito desses materiais sobre o comportamento dos aterros sanitários;

O maior valor determinado para a massa específica aparente solta e compactada foi de matéria orgânica. Os materiais que também exerceram influência, tanto para a massa específica solta quanto compactada, foram os vidros, os têxteis sanitários e os papeis e papelões. Devido a redução de volume ao serem compactados, os têxteis sanitários apresentaram maior valor para a massa específica compactada em comparação com a massa específica solta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcântara, P.B. Avaliação da Influência da Composição de Resíduos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados. Tese de Doutorado. UFPE. 2007.
2. Catapreta, C.A.A. & Simões, G.F. Caracterização volumétrica dos resíduos sólidos urbanos dispostos em um aterro sanitário experimental. XXXI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental - AIDIS. 2008.
3. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Site: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em: 16/10/2007.
4. IPT/CEMPRE – Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Compromisso Empresarial para Reciclagem. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. D'almeida M. L. O. & Vilhena, A. São Paulo, 2000.
5. Junqueira, F.F. Análise do Comportamento de Resíduos Urbanos e Sistemas Dreno Filtrantes em Diferentes Escalas, com Referência ao Aterro do Jôquei Clube– DF. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília. 2000.
6. Garcez, L.R., Estudo dos componentes tóxicos em um biorreator de resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado. UFCG. 2009.
7. Leite, H.E.A.S., Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande-PB. Dissertação de Mestrado. UFCG. 2008.
8. Leite, H. E. A. S.; Vieira Neto, J.M.; Monteiro, V.E.D.; Silva, S.A. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Campina Grande – PB. 2008. In: XIII Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SILUBESA 2008.
9. Mariano, M.O.H.; Maciel, F.J.; Fucale, S.P.; Jucá, J.F.T.; Brito, A.R.de. Composição gravimétrica e volumétrica dos rsu da célula piloto do aterro de resíduos sólidos da Muribeca. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.
10. Melo, V.L.A. & Jucá, J.F.T. Estudos de referência para diagnóstico ambiental em aterros de resíduos sólidos. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, Porto Alegre. 2000.
11. Pereira, F.T.G.; Leite, H.E.A.S.; Garcez, L.R.; Monteiro, V.E.D. Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Campina Grande-PB. In: II Simpósio Regional sobre Resíduos Sólidos, 2010, Campina Grande – PB. (Resumo Expandido), 2010.