

## GESTÃO INTEGRADA DOS SISTEMAS DE RESÍDUOS URBANOS

Levy, J.Q., Engenheiro Civil, Sanitarista, PhD, SERAMB, Angola - global@seramb.com

**Palavras chave:** Resíduos urbanos – Gestão integrada – Concepção – Construção – Operação – Tarificação

### RESUMO

Estima-se que a produção anual de resíduos urbanos em Angola seja de 7,3 milhões de toneladas dentro de cinco anos, devido ao desenvolvimento económico e ao crescimento populacional. Por forma a controlar esta produção, é necessário implementar a gestão integrada dos sistemas de resíduos, desde a deposição até ao destino final, sem esquecer a sustentabilidade económica e financeira dos mesmos. Neste artigo estabelecem-se as bases da gestão integrada que terão de ser consideradas na concepção destes sistemas. Para a deposição e remoção consideraram-se os sistemas com e sem reciclagem, e os processos porta-a-porta e por pontos. O transporte é avaliado em termos da distância ao tratamento podendo, ou não, incluir uma estação de transferência. Os diversos processos de tratamento são avaliados com base na sua aplicabilidade, rapidez de implementação e meios para a operação e manutenção. Os aterros sanitários são considerados como a primeira solução por não necessitarem de grande tecnologia e serem de rápida execução. A sua entrada em serviço deve ser acompanhada da selagem das lixeiras que até aí estiveram a receber os resíduos. As valorizações, orgânica e energética, são soluções subsequentes com vista, respectivamente, a reduzir a quantidade de orgânicos encaminhados a aterro, e a reduzir a área de instalação e produzir energia eléctrica a partir do poder calorífico dos resíduos, com um mínimo de produtos levados a aterro. A construção de centrais de valorização continuará a requerer a existência de aterros sanitários para encaminhamento de rejeitados e produtos finais não valorizáveis. Conclui-se com os princípios a seguir para estabelecer o tarifário que suportará o custo global do sistema. Embora se admita que inicialmente os municípios suportarão todos os custos, admite-se que gradualmente estes serão transferidos para o utilizador.

### 1 – INTRODUÇÃO

O desenvolvimento económico de Angola traz consigo a melhoria do nível de vida das populações e o aumento do seu produto interno bruto (PIB). Dados do Banco Mundial mostram que o PIB variou de 11,4 mil milhões de USD, em 2002, para 84,4 mil milhões de USD, em 2010. Também o rendimento nacional bruto per capita em paridade de poder de compra (RNB per capita PPP) para os mesmos anos, evoluiu de 2300 USD para 5410 USD.

Com um melhor nível de vida, e à semelhança do que acontece noutros países, verifica-se uma maior capitação, com o conseqüente acréscimo da produção de resíduos urbanos (RU) agravado pelo significativo crescimento populacional.

De uma capitação média nacional actual que ronda os  $700 \text{ g hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , cedo se passará para  $1 \text{ Kg hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Para uma população de 20 milhões de habitantes que será alcançada em cinco anos ao ritmo actual de crescimento populacional, ter-se-á nesse horizonte uma produção anual de RU de cerca de 7,3 milhões de toneladas. Sendo a densidade no contentor de  $200 \text{ kg m}^{-3}$ , àquela produção corresponderá um volume de 36,5 milhões de metros cúbicos, o equivalente a cobrir anualmente 3650 campos de futebol com 1 metro de resíduos. Face a este montante e como é habitual dizer-se no domínio ambiental: “há que tratar dos resíduos antes que eles tratem de nós”, Levy e Cabeças (2006).

É segundo este entendimento que no presente artigo se abordam os princípios orientadores de um sistema integrado de gestão de RU, desde a sua concepção até ao tarifário que suportará os seus custos, para que o desenvolvimento económico nacional seja acompanhado por práticas sustentáveis de RU.

## 2 – CONCEPÇÃO GERAL

Um sistema de RU é constituído por deposição, recolha, transporte, tratamento e destino final. A deposição respeita o armazenamento temporário nas instalações do utente. A recolha ou remoção é variável consoante esta for porta-a-porta ou por pontos. No primeiro caso, os RU são recolhidos à porta do utente, no segundo, em grandes contentores nos quais o utilizador despeja os resíduos que tinha nas suas instalações. O transporte dos RU é feito por veículos próprios até à estação de tratamento. O tratamento poderá ser realizado por diversos processos como sejam o aterro sanitário, a valorização orgânica ou a valorização energética.

Dadas as alternativas existentes na configuração de um sistema, na sua concepção deverão atender-se aos meios existentes, humanos e materiais, à formação dos técnicos, às tecnologias disponíveis, e à maior ou menor facilidade de manutenção e substituição de materiais e marcas.

A política dos 3R – reduzir, reciclar, reutilizar deverá estar presente como conceito base, pelo que a deposição selectiva com triagem na fonte, seguida de recolha também selectiva e valorização, farão parte dos pressupostos da concepção, Lund (2001). Se bem que se defenda esta política, considera-se que a reciclagem deverá ser implementada gradualmente em Angola pois que a capacidade actual instalada de recicladores é quase inexistente, havendo que evitar que, após a separação dos produtos, estes sejam encaminhados para o mesmo destino dos indiferenciados.

Para a remoção deverá desde logo definir-se se há, ou não, remoção selectiva. Seguidamente, deverá estabelecer-se o tipo de remoção, se por pontos (grandes contentores em pontos específicos), se porta-a-porta (pequenos contentores à porta das edificações).

O transporte dos resíduos indiferenciados pelas camionetas de recolha poderá terminar directamente na estação de tratamento (ETRS) ou em estações de transferência (ET), consoante a distância entre as áreas de recolha e o tratamento. A decisão basear-se-á nos custos das alternativas que terão em consideração os custos de construção e de exploração das ET e do transporte.

Os recicláveis depositados em ecopontos ou recolhidos directamente nos produtores como as grandes superfícies, serão encaminhados a estações de triagem. Após a triagem, os produtos serão encaminhados aos recicladores. Sendo estes em número reduzido, sugere-se que seja dinamizada esta indústria que contribuirá para o desenvolvimento regional das províncias.

Na Figura 1 esquematiza-se o fluxo de decisões a tomar na concepção de um sistema de remoção.

Quanto ao tratamento, haverá que ter em conta a situação presente do país caracterizada pela existência de numerosas lixeiras como destino final dos resíduos. O primeiro passo consistirá certamente em selar estas lixeiras e encontrar soluções de fácil implementação que as substituam de forma correcta. Considera-se que como primeira solução se deverão considerar os aterros sanitários. Estes não são em realidade uma estação de tratamento, mas mais um confinamento técnico dos resíduos que constitui o destino final dos resíduos. Só após a construção de aterros sanitários para servir os aglomerados principais se deverão procurar implementar novas soluções de tratamento. Estas passarão pela valorização orgânica (compostagem e digestão anaeróbia), caso se pretenda reduzir a quantidade de orgânicos levada a aterro, ou valorização energética (incineração), caso se pretenda produzir energia eléctrica a partir dos resíduos.

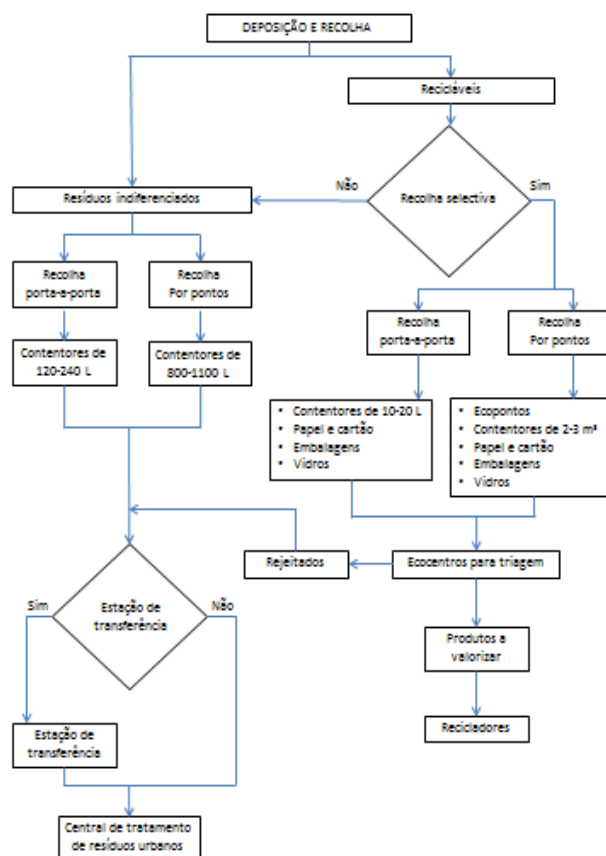


Figura 1 – Concepção da remoção

### 3 – REMOÇÃO

Conforme Figura 1 atrás apresentada, para os resíduos indiferenciados haverá que optar entre a remoção porta-a-porta ou por pontos. O tipo de ocupação, se urbana, se rural, tal como as actividades mais características das áreas, são relevantes para esta escolha. Em zonas centrais privilegia-se a remoção porta-a-porta e contentores por prédio, e em zonas menos centrais e nas rurais, a remoção por contentores de grande dimensão e remoção por pontos.

Para um arranque mais rápido, em zonas ainda não servidas por remoção, considera-se que se deverá implementada a remoção por pontos distribuindo contentores de 800 ou 1.100 L pelos aglomerados. O número de pontos será o necessário para conseguir uma densidade de 350 habitantes por ponto. Em cada ponto serão colocados dois contentores.

Com o início da remoção de indiferenciados deverá equacionar-se a remoção de recicláveis, papel e cartão, vidro e embalagens. Recomenda-se que esta remoção só seja implementada quando houver escoamento para estes produtos. Caso não exista, se mesmo assim for efectuada a remoção selectiva, a população cedo tomará conhecimento que os produtos triados são encaminhados para o mesmo destino que os indiferenciados, o que motivará o seu desagrado e afastamento da reciclagem. A haver escoamento, propõe-se a instalação de ecopontos constituídos por três contentores de 2 m<sup>3</sup>, um para papel e cartão, outro para vidro e outro para embalagens. Estes ecopontos deverão ser colocados junto a escritórios, cafés, restaurantes e hotéis para maior eficácia. O seu número poderá ser estimado na base de 500 a 700 habitantes por ecoponto.

Seguem-se os cálculos a efectuar no âmbito da remoção. Se outra informação não houver, poderá considerar-se uma capitação de 0,700 Kg hab<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, uma densidade na deposição de 200 kg m<sup>-3</sup> e uma compactação ( $t_c$ ) nos veículos de remoção de 1:2.

### Quantidade diária de resíduos

Conhecendo a população ( $N_{hab}$ ) e a capitação ( $Cap$ ), a quantidade diária de resíduos ( $Q_{RU}$ ) a recolher será:

$$Q_{RU} = N_{hab} \times Cap \quad (Kg \ d^{-1}) \quad (1)$$

### Volume de resíduos

Através da densidade dos RU ( $d$ ), determina-se o volume diário a recolher ( $V_{RU}$ ):

$$V_{RU} = \frac{N_{hab} * Cap}{d} \quad (m^3 \ d^{-1}) \quad (2)$$

### Número de contentores a distribuir

Conhecendo a capacidade média dos contentores ( $C_{cont}$ ), pode calcular-se o número total de contentores a distribuir. Para este cálculo deve considerar-se a taxa de utilização ( $T_u$ ). A taxa de utilização ( $T_u$ ) é igual ao quociente entre o volume ocupado pelos resíduos e o volume do contentor.

$$N_{cont} = \frac{V_{RU}}{C_{cont} \times T_u} \quad (3)$$

Este número de contentores é o necessário para a quantidade diária de RSU num dia médio e poderá ser o adoptado para remoções diárias. Caso a remoção seja inferior, por exemplo 4 vezes por semana, aquele número de contentores deverá ser multiplicado por 7/4.

### Circuitos de remoção

Calculado o número de contentores a remover há que estabelecer os circuitos de remoção de cada camioneta. Em princípio cada camioneta tem o seu circuito diário. Estes abrangerão todos os arruamentos. É possível que ao longo do circuito a camioneta fique cheia e tenha que ir descarregar, regressando ao ponto do último contentor despejado. Define-se como volta, o número de vezes que uma camioneta vai à estação de tratamento descarregar por dia. Quantas mais voltas uma camioneta fizer, maior será o volume de resíduos que transportará à central. Este número terá contudo que ter em conta o tempo de laboração diária que só poderá ser ultrapassado em dias excepcionais, recorrendo a horas extraordinárias. Para determinar o tempo de um circuito, há que o decompor nos seus componentes e calcular a duração de cada um, atendendo à capacidade das camionetas, às velocidades de circulação, à sua extensão e à distância aos pontos de descarga que poderão ser estações de transferência ou a estação de tratamento, Levy e Cabeças (2006). O número de voltas diárias de uma camioneta é geralmente de 2 a 3. O número total de voltas ( $Nt_v$ ) que é necessário para recolher os resíduos de uma zona é dado por:

$$Nt_v = \frac{V_{RU}}{C_{veic} \times T_c} \quad (4)$$

em que:

- $V_{RU}$  - volume diário a recolher ( $m^3$ );
- $C_{veic}$  - capacidade dos veículos ( $m^3$ );
- $T_c$  - taxa de compactação dos veículos.

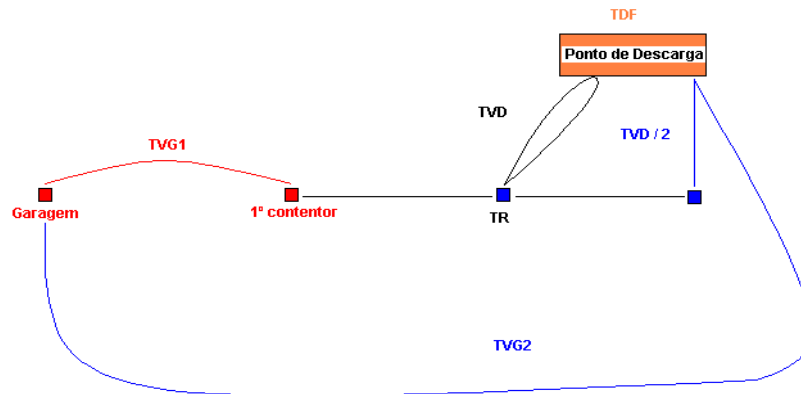


Figura 2 - Circuito de remoção

Seja:

- $T$  - duração média do circuito;
- $TVG_1$  - duração média do trajecto, garagem - 1º contentor;
- $TVG_2$  - duração média do trajecto, descarga - garagem;
- $TVD$  - duração média do trajecto, contentor - descarga, ida e volta;
- $TR$  - duração média da remoção;
- $TDF$  - duração média da descarga;
- $TM$  - duração média dos tempos mortos;
- $N_v$  - número de voltas do circuito.

A equação seguinte permite determinar a duração média de cada circuito, contabilizando todos os gastos de tempo ao longo do mesmo. Para todas as durações, adopta-se como unidade de cálculo, o minuto.

$$T = TVG_1 + TR + (N_v - 1) \times TVD + \frac{TVD}{2} + TVG_2 + N_v \times TDF + TM \quad (5)$$

A definição dos circuitos de remoção, isto é, os arruamentos que a camioneta percorre, é hoje em dia objecto de softwares específicos com vista à redução dos percursos. Sendo a remoção quase diária, uma pequena economia num percurso traduz-se por um montante significativo no final do ano.

#### 4 – TRATAMENTO E DESTINO FINAL

Os RU removidos devem ser encaminhados para destinos que minimizem os impactes ambientais e que os valorizem. Como primeiro processo surgem os aterros sanitários. Estes não são propriamente um tratamento, dada a baixa velocidade de degradação e eliminação dos produtos, mas um local de confinamento técnico de condições sanitárias adequadas. Considera-se que devem ser considerados como a primeira solução a adoptar por não necessitarem de grande tecnologia e serem de rápida execução. As valorizações, orgânica e energética, serão soluções subsequentes com vista, respectivamente, a reduzir a quantidade de orgânicos encaminhados a aterro e a produzir energia eléctrica a

partir do poder calorífico dos resíduos com um mínimo de produtos levados a aterro. Estas instalações de valorização são recomendadas para uma fase posterior quando todos os RU já estiverem a ser encaminhados para aterro e as lixeiras existentes tiverem sido seladas. A selecção do processo de tratamento terá que se basear na sua aplicabilidade, rapidez de implementação e meios para a operação e manutenção. Seguem os aspectos característicos de cada processo de tratamento.

### Aterro Sanitário

O aterro sanitário ou centro de confinamento técnico de RU é a solução que de forma mais célere poderá resolver a situação nacional caracterizada por numerosas lixeiras espalhadas pelo país, sem qualquer controlo, com elevado risco para a saúde pública e para o ambiente.

Um aterro pode ser considerado como um reactor bioquímico em que os resíduos e a água pluvial são as principais entradas, e os lixiviados e o biogás são os principais efluentes, resultantes da decomposição dos componentes biodegradáveis dos RU ou equiparados, Figura 3.

A construção de um aterro deve ser antecedida de uma escolha criteriosa da sua localização que deverá ter em consideração:

- A dimensão da região e o universo populacional a servir;
- Os dados de base e a perspectiva de evolução;
- O geocentro da produção;
- A aptidão dos terrenos passíveis de serem utilizados;
- A proximidade das povoações, os ventos e a vegetação;
- A impermeabilização natural e a localização dos aquíferos;
- As medidas mitigadoras a implementar.

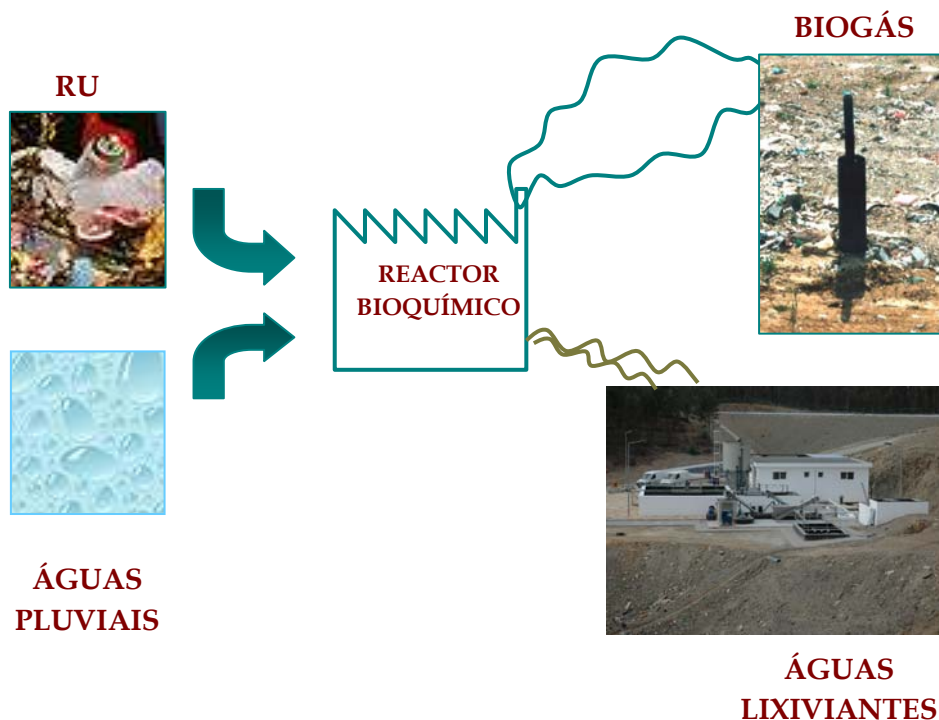


Figura 3 – Aterro sanitário

Um aterro de resíduos tem de contemplar um sistema de impermeabilização constituído por uma barreira passiva e uma barreira activa, constituindo o isolamento estanque na interface com os terrenos em que está implantado e cuja função é confinar internamente os resíduos e todos os efluentes residuais líquidos (águas lixiviantes) e gasosos (biogás), impedindo a sua migração para o exterior. O sistema de impermeabilização a desenvolver no aterro sanitário estende-se pela zona basal e taludes, abrangendo toda a geometria do terreno destinada à área de deposição de resíduos. Toda a área do aterro deverá ser vedada como medida de segurança.

A construção de um aterro sanitário inclui, ainda, os sistemas: de drenagem e tratamento das águas lixiviantes; de valetas periféricas para águas pluviais; de drenagem e queima de biogás. Avaliada a produção de biogás, se esta for significativa, poderá produzir-se energia eléctrica a partir dele, Williams (2005).

Em termos de instalações salienta-se a portaria, a balança, a oficina, o posto de consumíveis, a unidade de lavagem de rodados e os edifícios administrativo e do pessoal, e o armazém. Em termos de equipamentos são todas as viaturas das quais se destaca o compactador, o dumper, a giratória e a máquina de rasto.

A construção de um aterro deverá ser faseada no tempo. No início deverá ser feita a vedação para limitação da zona e deverão ser construídas as instalações atrás referidas para as quais se deverá reservar 3 ha. Nesta fase inicial, deverá ser preparado o primeiro alvéolo que deverá ter capacidade para um mínimo de um ano. A preparação incluirá a escavação, impermeabilização e os sistemas de drenagem de águas lixiviantes e biogás, tal como as valetas periféricas e o tratamento do lixiviado. Para calcular a área deste alvéolo, deverá considerar-se a altura máxima do aterro que é função do impacto paisagístico e uma densidade em aterro de  $1000 \text{ Kg m}^{-3}$ . Quando este alvéolo estiver a 50% da sua capacidade deverá começar-se a abertura e impermeabilização do segundo e assim sucessivamente.

A operação será acompanhada pela monitorização para controlo do solo, água e ar e intervir atempadamente se forem necessárias intervenções de minimização de impactes, Bagchi (2004).

O custo médio de construção e operação de um aterro pode ser estimado em 60 USD/tonelada, dos quais 20 USD correspondem à amortização do investimento. Estes montantes variam em função da dimensão do aterro devido ao factor de escala.

### **Valorização Orgânica**

Sendo os resíduos urbanos constituídos por uma fracção significativa de matéria orgânica, é possível por fermentação obter um composto com características de húmus que pode ser utilizado para melhorar a estrutura do solo, aumentar a capacidade de retenção de água e da porosidade, e contribuir para o acréscimo de nutrientes.

A valorização orgânica pode processar-se por compostagem ou por digestão anaeróbia. Na compostagem, a fermentação dos produtos biodegradáveis é realizada na presença de oxigénio, ou seja, por fermentação aeróbia. Pelo contrário, na digestão anaeróbia, a fermentação efectua-se sem a presença de oxigénio. Em ambos os processos, os produtos resultantes são sujeitos a um pós-tratamento por maturação, podendo ainda seguir-se, no final, uma afinção.

Para além da vantagem resultante da produção de um composto, a valorização orgânica reduz a quantidade de resíduos orgânicos que são conduzidos a aterro, pelo que é um processo que deve ser ponderado em conjunto com o aterro que o apoia.

Considera-se que só se deverão construir centrais de valorização orgânica (CVO) após terem sido construídos os aterros sanitários, pois que o refugo de uma CVO é muito significativo. Quanto ao processo, deverá optar-se pela compostagem (CVO) de tecnologia mais simples que a digestão anaeróbia. Para esta central deverão ser conduzidos

os orgânicos de produtores especiais como hotéis, mercados e restaurantes e não os RU das habitações por virem muito contaminados com resíduos não orgânicos.

Um custo orientativo para uma CVOC será de 90 USD/tonelada. Na Figura 4 apresenta-se um esquema de uma CVOC associada a um ecocentro para triagem dos resíduos.

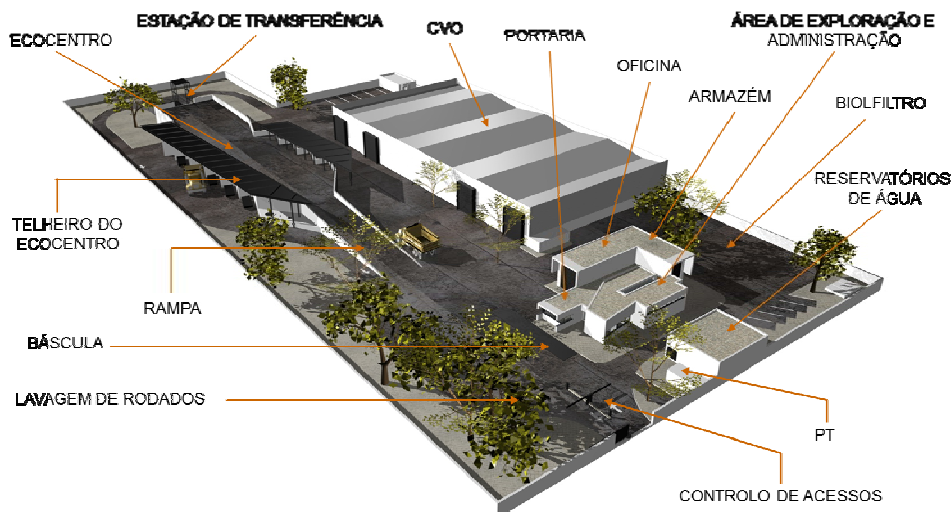


Figura 4 – Central de valorização orgânica por compostagem

### Valorização Energética

Conjugando o aterro sanitário com a valorização orgânica, através da compostagem ou da digestão anaeróbia, associada à recolha selectiva e reciclagem de materiais, obter-se-á uma redução dos produtos finais levados a aterro. Todavia, mesmo com boas eficiências de reciclagem e de tratamento na valorização orgânica, no final ainda se obterão em peso cerca de 50 a 60% dos resíduos iniciais. Em grandes cidades, para reduzir a quantidade de resíduos conduzidos a aterro sanitário, o processo de tratamento por incineração pode ser uma solução de muito interesse pois que mais do que duplica a vida útil de um aterro e reduz a área necessária para tratamento dos RU.

A incineração pode basear-se em diversos processos térmicos, todos eles com o objectivo de reduzir os RU, transformando-os, quer em produtos reutilizáveis (materiais e energia), quer em materiais inertes, facilmente armazenáveis (refugo). A redução esperada dos RU resultante destes processos é da ordem de 90% em volume e 80% em peso.

Uma central de tratamento de RU por incineração (CVE) é constituída pelo incinerador (forno), pelos sistemas de alimentação de resíduos, de combustíveis, e de ar, bem como os equipamentos e dispositivos de controlo, de registo e de vigilância e todo o equipamento para recuperação do calor e produção de energia eléctrica.

Um custo aproximado para uma CVE será de 70 USD/tonelada, construção e exploração, considerando a venda de energia eléctrica à rede. Na Figura 5 representa-se em esquema a central de valorização orgânica de Lisboa.



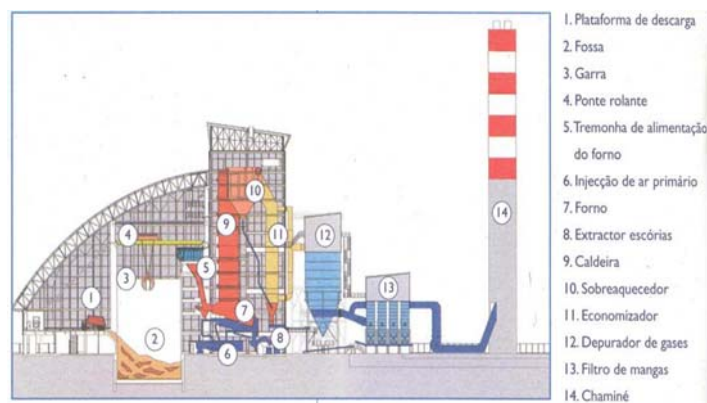


Figura 5 – Central de valorização energética

### Tratamento Integrado dos RU

Atrás foram referidos 3 processos de tratamento de RU que se consideram não ser exclusivos mas complementares, Tchobanoglous et al. (1993). Se inicialmente se preconiza o aterro sanitário como primeira solução, admite-se que para grandes aglomerados com mais de 1.000.000 habitantes, a valorização energética pode traduzir-se numa redução apreciável da área de tratamento a um custo pouco superior por produção de energia eléctrica. Para grandes e pequenos aglomerados, a valorização orgânica contribuirá para a redução dos orgânicos conduzidos a aterro, com redução do biogás e clara melhoria da qualidade das águas lixiviantes. Atendendo à tecnologia e custo, a adopção dos processos de valorização deve ser antecedida de uma análise técnica e económica que pondere os seus benefícios.

## 5 - TARIFICAÇÃO

Os custos de instalação e de exploração de um sistema de resíduos sólidos urbanos são elevados. Tomando os custos que são praticados em Angola, estima-se que o custo global de um sistema seja de cerca de 150 USD por tonelada. Neste valor estão considerados os custos de amortização dos investimentos e os de exploração, da deposição, remoção e tratamento.

Admitindo uma capitação média de  $700 \text{ g hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$  e 6 habitantes por fogo, a produção mensal será da ordem dos  $126 \text{ kg mês}^{-1}$ , a que corresponderá o custo de serviço de  $19 \text{ USD mês}^{-1}$ .

Se numa primeira fase se acredita que este custo será integralmente suportado pelos governos regionais ou pelos municípios, gradualmente se assistirá à transferência parcial ou total deste custo para o utilizador. Para esta transferência será necessário introduzir tarifas que serão a contrapartida do serviço prestado.

Sendo  $C_t$  o custo anual do serviço, para que a gestão do sistema seja equilibrada económica e financeiramente deverá verificar-se:

$$C_t = 12 \sum_{c=1}^n (T + t u) \quad (6)$$

em que:

$C_t$  - custo anual do serviço (USD)

$T$  - tarifa mensal por contador (USD)

$t$  - tarifa variável (USD unidade<sup>-1</sup>)

u - unidades consumidas  
n - número de contadores

Nesta equação, u são as unidades de referência para calcular o montante a pagar pelo utilizador. O mais correcto seria que estas unidades se referissem ao peso dos resíduos produzidos mensalmente. Tal iria obrigar à pesagem sistemática sempre que se faz a recolha, o que por agora se considera de difícil aplicação.

Em sua substituição poder-se-á utilizar como unidades, o volume de água medido no contador ou o número de kWh consumidos por mês. Julga-se que esta última unidade será de momento a mais recomendável.

Uma situação mais simples e que poderá ser a mais imediata, será a de considerar unicamente uma tarifa fixa, T, cujo valor será dado por:

$$Ct = 12 \sum_{c=1}^n T \quad (7)$$

A título de exemplo, para um sistema com 2.000.000 habitantes será:

- Capacitação média de 700 g hab<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>;
- Ocupação: 6 habitantes por fogo;
- Peso anual de RU: 511 x 10<sup>6</sup> kg;
- Número de contadores: 333.333;
- Custo anual do sistema: 76.650 x 10<sup>3</sup> USD;
- Custo mensal por contador: 19,2 USD;
- Percentagem de comparticipação municipal: x %;
- Tarifa fixa mensal, T : 19,2 (100-x) USD.

## 6 – CONCLUSÕES

Sendo o desenvolvimento económico do país acompanhado por uma produção crescente de resíduos urbanos, propõe-se que sejam estabelecidos Planos Provinciais para o seu controlo e tratamento.

Estes Planos deverão considerar a Gestão Integrada dos sistemas de RU, desde a deposição até ao destino final, interligando as operações de recolha, transporte e tratamento.

O Princípio do utilizador-pagador e a política dos 3R deverão nortear estes Planos com vista à sensibilização das populações para a redução e valorização dos RU.

### Referências

- [1] BAGCHI, A. (2004). Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management. New Jersey (USA), Wiley, 696 pp.
- [2] LEVY, J.; CABEÇAS, A. (2006). Resíduos Sólidos Urbanos – Princípios e Processos. Lisboa (Portugal), AEPSA, 330 pp.
- [3] LUND, H. editor (2001). The McGraw-Hill Recycling Handbook. (USA), McGraw-Hill.
- [4] TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. (1993). Integrated SolidWaste Management. Singapore, McGraw-Hill International Editors, 978 pp.
- [5] WILLIAMS, P. (2005). Waste Treatment and Disposal. Chichester (Great Britain), Wiley, 380 pp