

## PROPOSTA DE TRATAMENTO ALTERNATIVO PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE UBERLÂNDIA – MG

**Caroline Ferreira de Morais**

Especialista em Gestão Ambiental - Faculdade Católica de Uberlândia  
[caroline.ferreira.morais@gmail.com](mailto:caroline.ferreira.morais@gmail.com)

**Marlene Teresinha de Muno Colesanti**

Professora Dr. do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)  
[mmuno@ufu.br](mailto:mmuno@ufu.br)

### RESUMO

O aterro sanitário é o principal meio de disposição final para os resíduos sólidos urbanos de Uberlândia. Alternativas, além das que estão em desenvolvimento no município, precisam ser pensadas já que o aterramento é uma opção com grandes impactos ao meio ambiente. Sendo assim, essa pesquisa tem como objetivo desenvolver uma proposta para a cidade de Uberlândia com uma nova alternativa de tratamento de resíduos sólidos urbanos que não priorize o seu aterramento e que traga maiores ganhos socioambientais. A metodologia consistiu em trabalhos de campo, levantamentos bibliográficos e referenciais, o qual baseou a elaboração da proposta com a adoção da tecnologia do Projeto Natureza Limpa, desenvolvido por uma empresa particular, localizada no município de Unaí – MG. A escolha da tecnologia teve como requisitos aquela que não priorizasse o aterramento de resíduos sólidos urbanos em seu processo. Portanto, os resultados são diminuição de emissões de gases de efeito estufa, aproveitamento do potencial energético da biomassa, retorno de matéria-prima ao mercado produtivo e ainda diminuição ou extinção de impactos ambientais decorrentes da má disposição dos resíduos. Consequentemente, os ganhos sociais se pautam na melhoria da saúde ambiental e o uso pela governança municipal de saldos creditícios positivos em benefício comum.

**Palavras-chave:** Recuperação energética; Biomassa; Socioambientais; Projeto Natureza Limpa.

### PROPOSED ALTERNATIVE TREATMENT FOR MUNICIPAL SOLID WASTE IN UBERLÂNDIA – MG

### ABSTRACT

The landfill is the main means of final disposal for urban solid waste from the municipality of Uberlândia. Alternatives, beyond those which are under development in the municipality, must be thought of as the grounding is an option with large impacts on the environment. Therefore, this research aims to develop a proposal for the city of Uberlândia with a new alternative for treating urban solid waste that doesn't prioritize its grounding and brings greater socio-environmental gains. The methodology consisted of field work, bibliographic surveys and references, which was based on the preparation of the proposal with the adoption of technology in Nature Clean Project (Projeto Natureza Limpa), developed by a private company, located in the municipality of Unaí - MG. The choice of technology had requirements as to not prioritize the grounding of urban solid waste in its process. Therefore, the results are reduction of emissions of greenhouse gases, use of the energy potential of biomass, return to productive market and still decrease or elimination of environmental impacts caused by poor waste disposal. Consequently, the social gains are guided in improving environmental health and municipal governance for the use of positive credit balances for the common benefit.

**Keywords:** Energy recovery; Biomass; Socio-environmental; Nature Clean Project.

---

Recebido em 30/06/2014  
Aprovado para publicação em 06/10/2014

## INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são resultados da demanda de consumo de cada indivíduo ou firma e instituição, passando a fazer parte da configuração do espaço, na medida em que necessita de áreas para sua disposição, infraestrutura de coleta, força de trabalho, além de integrar atualmente parte do mercado, voltando ao ciclo produtivo na forma de matéria prima.

Os elementos do espaço que são os homens, as firmas, as instituições, o chamado meio ecológico e as infraestruturas, interagem entre si configurando-o. Cada indivíduo possui uma demanda que é respondida parte pelas firmas, as quais possuem como função essencial a produção de bens, de serviços e ideias (SANTOS, 2012).

O consumo “depende da capacidade efetiva de aquisição, representada pela disponibilidade financeira (recursos efetivos ou créditos), mas também pela acessibilidade do bem ou do serviço demandado” (SANTOS, 2012, p. 84). Uma maior capacidade de consumo poderá conseqüentemente estar ligada a uma maior produção de resíduos sólidos oriundos da aquisição de mercadorias.

A coleta e tratamento do lixo são necessidades básicas, fazem parte do essencial para a população que é o saneamento básico. Alternativas para destinação do lixo, oriundo dos espaços urbanos, devem ser estudadas com intuito de diminuir as conseqüências que sua má disposição pode acarretar. São necessários meios que viabilizem estruturas de menor impacto ambiental e social, trazendo ganhos à sociedade. Logo, a Geografia analisa através dos elementos do espaço com suas funções, interações e variáveis a sua organização e produção, trazendo estudos para a área de planejamento urbano, os quais contribuem na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

No Brasil, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), o lixo produzido diariamente chegava a 259.547 toneladas, sendo que 50,8 % eram dispostos em vazadouros a céu aberto (lixão), 22,5 % em aterros controlados e 27,7 % em aterros sanitários.

O Governo de Minas Gerais, por meio da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), criou, em 2003, o programa “Minas sem Lixões”, que apoia os 853 municípios mineiros na implementação de meios de disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos, de acordo com as deliberações normativas do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). A meta que deveria ser cumprida até 2011 seria a erradicação dos lixões em 80 % dos municípios mineiros e a disposição final adequada de 60% dos resíduos sólidos urbanos gerados no Estado, em sistemas tecnicamente adequados e devidamente licenciados (FEAM, 2011). O programa contempla ainda visitas técnicas para o acompanhamento de empreendimentos licenciados, tais como Aterro sanitário (ATE), Usina de Triagem e Compostagem (UTC) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

O município de Uberlândia localiza-se na microrregião do Triângulo Mineiro, pertencente à mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no Estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil. O município abriga uma população de 646.673 habitantes, sendo que 594.938 habitantes constituem a população urbana, possuindo uma unidade territorial de 4.116 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2013), com uma área urbana correspondente a 217 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2013).

Uberlândia está à frente de muitos outros municípios mineiros quanto à estrutura de disposição de resíduos sólidos urbanos, sendo que seu primeiro aterro sanitário opera desde julho de 1995. A cidade inaugurou, em outubro de 2010, seu segundo aterro sanitário. Conforme dados da secretaria de serviços urbanos e do núcleo operacional do aterro (PMU, 2012), o primeiro aterro sanitário ocupou uma área de 15 hectares de extensão (ocupada pelos depósitos de resíduos), já o segundo, a previsão é que chegue até, no máximo, 17 hectares. A vida útil projetada para o primeiro aterro sanitário foi de 18 anos com sua desativação prevista para 2013, entretanto, foi desativado três anos antes da estimativa.

O aterro sanitário é o principal meio de disposição final para os resíduos sólidos urbanos de Uberlândia, mesmo com o início da coleta seletiva na cidade. Alternativas, além das que estão em desenvolvimento no município, precisam ser pensadas já que o aterramento de resíduos sólidos é uma opção com grandes impactos socioambientais. É relevante salientar que as

técnicas que priorizam o aterramento de resíduos trazem impactos como diminuição de áreas habitáveis, contaminação do solo e de mananciais, eliminação de gases de efeito estufa, diminuição da biomassa disponível, desperdício de matéria-prima reaproveitável e, ainda, no caso de Uberlândia, o aumento do passivo ambiental referente ao primeiro aterro sanitário já desativado. Optar por rotas tecnológicas que reaproveitem os resíduos sólidos urbanos de forma a usar seu potencial como matéria prima, seu poder calorífico e ainda diminuir a contaminação e os espaços ocupados por eles é caminhar para uma proposta que vise ao bem social e ambiental.

A tendência mundial é vislumbrar o desenvolvimento sustentável, mas é necessário criar meios eficazes para isso. Criar um planejamento estratégico aplicável é fundamental. Os países precisam se reestruturar para atender a nova realidade global. As metas da Agenda 21 e os vários acordos climáticos efetivados na tentativa de melhoria do meio ambiente começam a ficar aquém da necessidade real do planeta. E o começo dessa reestruturação, nessa rede global, poderá se iniciar das células que são os municípios.

O aumento da geração de resíduos sólidos e sua má destinação causam impactos ambientais, sociais e econômicos em níveis local, regional e global. Os valores gastos com sua manutenção, a perda de áreas habitáveis e a contaminação procedente de efluentes líquidos e gasosos são alguns dos impactos socioambientais. Quais alternativas de tratamento de resíduos poderão agregar maiores ganhos ambientais e sociais para o município?

Para que novas alternativas de tratamento de resíduos sólidos urbanos em Uberlândia tenham uma boa adesão e de fato se tornem eficazes, é necessário envolvimento de todos os setores e um bom planejamento. Que tipo de proposta terá melhor funcionalidade e aplicabilidade?

Essa pesquisa tem como objetivo geral desenvolver uma proposta que correlacione uma nova alternativa de tratamento de resíduos sólidos urbanos ao programa de gerenciamento que já ocorre no município de Uberlândia. Os objetivos específicos da pesquisa englobam a apresentação das tecnologias de tratamento de resíduos sólidos urbanos disponíveis no Brasil; uma análise da melhor alternativa tecnológica disponível que não priorize o aterramento de resíduos sólidos urbanos sendo adaptável ao escopo municipal; o desenvolvimento de uma proposta de tratamento de resíduos sólidos urbanos adaptando a melhor tecnologia disponível à cidade de Uberlândia, com base no que foi pesquisado.

## **RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: TIPOS DE TRATAMENTOS E TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS**

Os resíduos sólidos, comumente denominados como lixo, são aqueles oriundos de atividades humanas, considerados sem importância econômica ou afetiva para aquele indivíduo que o descarta.

A Norma Técnica NBR - 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), define resíduos sólidos "como sendo aqueles no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição e agrícola".

Os resíduos sólidos possuem características e composições distintas de acordo com sua origem. Existem leis e normas que regulamentam os resíduos quanto a sua classificação, natureza ou origem, periculosidade, características físicas, químicas e biológicas, as quais se interpretam de forma variada nos âmbitos federais, estaduais e técnicos normativos.

Segundo Brasil (2010), no que se refere a Lei Federal 12.305, de 2 de agosto, Artigo 3º, os resíduos são classificados quanto:

a) À origem: domiciliares; de limpeza urbana; urbanos (domiciliares e limpeza urbana); de estabelecimento comerciais e prestadores de serviços; dos serviços públicos de saneamento básico; industriais; de serviços de saúde; da construção civil; agrossilvopastoris; de serviços de transportes; de mineração.

b) À periculosidade: perigosos e não perigosos.

Conforme o item “a” acima mencionado, constituem resíduos sólidos urbanos (RSU) aqueles que são de origem domiciliar e de limpeza urbana, resíduos dos quais serão objetos desta pesquisa.

De acordo com a Lei Federal 12.305 (BRASIL, 2010), devem ser elaborados planos de resíduos sólidos para tornar funcional a nova legislação em várias esferas como: Plano Nacional de Resíduos Sólidos, planos estaduais, planos microrregionais e planos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, planos intermunicipais, planos municipais de gestão integrada e planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

No que compete ao plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos, capítulo 2, seção V, da mesma lei, serão priorizados, no acesso aos recursos da União, aqueles municípios que implantarem a coleta seletiva com participação de cooperativas ou outras formas de associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis compostas por pessoas físicas de baixa renda. E ainda torna como requisito mínimo para o plano municipal “programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010). O plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos poderá estar inserido no plano de saneamento básico desde que respeite o conteúdo mínimo previsto pela Lei 12.305.

Visando a recuperação energética dos resíduos sólidos, poderão ser utilizadas tecnologias que tenham comprovadas sua viabilidade técnica e ambiental, a qual deve ser acompanhada de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos, aprovado pelo órgão ambiental responsável (BRASIL, 2010). Embora o aproveitamento energético dos resíduos seja previsto na Lei Federal 12.305, ainda não foi regulamentado. Este tema é objeto das atividades do Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos, notadamente do Grupo de Trabalho de Recuperação Energética, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, que tem por objetivo propor normatização da recuperação energética de resíduos urbanos e instrumentos para sua regulamentação, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012).

Destinação e disposição final diferem conceitualmente no que tange às formas como os resíduos serão tratados. No caso da destinação ambientalmente adequada é aquela que inclui a reutilização, a reciclagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas no Brasil pelos órgãos competentes, observando as normas operacionais específicas para prevenir riscos à saúde pública e à segurança, minimizando também impactos ambientais. Obedecendo também às normas dos órgãos competentes, a disposição final ambientalmente adequada, consiste na distribuição ordenada de rejeitos em aterros (BRASIL, 2010).

Nos vazadouros a céu aberto, comumente chamados de lixões, os resíduos são lançados a céu aberto sem nenhum critério técnico e, sem medidas para proteger o meio ambiente e a saúde pública, sendo uma disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos (FEAM, 2011). Esse tipo de disposição dos resíduos causa contaminação do solo e do lençol freático, além de ser atraente para vetores prejudicando a população que vive no entorno.

O aterro controlado consiste na disposição paliativa dos resíduos sólidos urbanos, os quais têm um certo critério de engenharia, contudo, neste tipo de destinação não existe adoção de elementos de proteção ambiental, como impermeabilização de base e laterais, coleta e tratamento dos gases e lixiviado gerados. Este tipo de destinação é preferível ao lixão, no entanto apresenta qualidade muito inferior ao aterro sanitário (FEAM, 2011).

O aterro sanitário é uma forma de destinação dos RSU considerada adequada e segundo a NBR 8419 de 1992 da ABNT (1992), item 3.2, aterro sanitário significa,

[...] disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos na menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada trabalho, ou intervalos menores, se necessário.

O aterro sanitário é preferido universalmente devido aos custos relativamente baixos. Ainda sim, esse método possui basicamente quatro fatores limitantes: a disponibilidade de grandes áreas próximas aos centros urbanos; disponibilidade de material para a cobertura diária; condições climáticas favoráveis e recursos humanos habilitados para tal (LIMA, 2004).

O aterro sanitário, como no caso de Uberlândia, mesmo sendo considerado um dos melhores do Estado de Minas Gerais, não é a solução para a destinação dos resíduos. Deveria ser a última opção, depois de esgotadas todas as possibilidades de reaproveitamento de resíduos.

A compostagem é a conversão biológica da matéria orgânica e tem como produto final o composto orgânico, um material rico em húmus e nutrientes minerais (FEAM, 2011). Segundo Monteiro et al. (2001), compostagem é um processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos, de origem animal e vegetal, pela ação de microorganismos.

O controle dos fatores influentes no processo de produção do composto é imprescindível, pois um processo mal controlado pode exalar odores desagradáveis e atrair pragas urbanas causadoras de doenças, além de diminuir a qualidade do composto. Algumas das desvantagens do processo de compostagem é a grande necessidade de mão de obra ou maquinaria especializada e grandes espaços para as leiras onde ocorrem a homogeneização e a fermentação dos resíduos.

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2000) e Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2010), o ato de produzir ou recuperar algum produto, a partir do velho é chamado de reciclagem, fazendo com que alguns materiais presentes no lixo retornem ao ciclo como matéria-prima. A reciclagem contribui para a redução do lixo, economia de energia, água, matéria-prima e minimiza a poluição do ar, do solo e do lençol freático. Os principais materiais a serem reciclados podem ser separados em inertes: papéis, vidros, plásticos e alguns metais.

Tanto para o processo da reciclagem quanto para outras rotas tecnológicas, os resíduos recicláveis precisam estar disponíveis, ou seja, fora da rota de aterramento ou descarte incorreto. Sendo assim, a coleta seletiva é adotada como uma opção facilitadora, para que ao menos parte dos resíduos recicláveis descartados pela população esteja disponível comercialmente. Segundo Pinto-Coelho (2009, p. 37), a coleta seletiva “é um sistema de recolhimento de materiais recicláveis, tais como papéis, plásticos, vidros, metais e orgânicos, previamente separados na fonte geradora.”

Atualmente, programas de educação ambiental têm adotado a reciclagem como solução para a questão do lixo, desenvolvendo apenas em seus programas a coleta seletiva, em detrimento de uma “reflexão crítica e abrangente a respeito dos valores culturais da sociedade de consumo, do consumismo, do industrialismo, do modo de produção capitalista e dos aspectos políticos e econômicos da questão do lixo” (LAYRARGUES, 2002, p.179). A reciclagem de resíduos deve ser entendida como uma das últimas opções para aquele resíduo que foi inevitável ser gerado e, ainda primeiramente, ter passado pelas opções de reaproveitamento sem a necessidade de uso de energia ou outros recursos.

Desde o início do século XVIII, a incineração vem sendo utilizada para processar os resíduos sólidos. Gripp (1998) define as usinas de incineração de resíduos como um conjunto de instalações necessárias para viabilizar o tratamento térmico dos resíduos e que em função do tipo de combustível a ser incinerado, do volume e da tecnologia utilizada, podem apresentar diversas concepções.

A incineração “tem como principal atrativo sua possibilidade de diminuir para cerca de 4% do volume total de resíduos a ser destinado ao aterro sanitário” (HENRIQUES, 2004, p. 106). Já de acordo com Bizzo e Goldstein Jr (1995), o volume inicial dos resíduos é reduzido em cerca de 10%, com a utilização da incineração o que é uma vantagem no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, pois aumenta a vida dos aterros sanitários e diminui a necessidade de áreas municipais voltadas a esse fim.

Dentre as vantagens da incineração temos o uso direto da energia térmica em geração de vapor ou energia elétrica, através de uma alimentação contínua de resíduos em um processo relativamente sem ruídos e sem odores, utilizando-se pequena área para instalação. Entretanto, suas desvantagens condicionam-se aos altos custos de investimento e de operação

e manutenção. Já no seu processo, o uso de resíduos de baixo poder calorífico, com excesso de umidade e resíduos clorados podem prejudicar a combustão, levando à necessidade de utilização de equipamento auxiliar para manter a combustão. E ainda, suas cinzas podem concentrar metais tóxicos. A eliminação de efluentes gasosos contendo dioxinas e furanos, que são substâncias extremamente nocivas à saúde humana, é um outro ponto negativo dessa tecnologia. A necessidade de um rigoroso monitoramento dos efluentes gasosos da incineração torna o processo custoso.

O processo de pirólise se baseia na decomposição física e química por ação térmica na ausência de oxigênio, a temperaturas entre 500 e 1.000 °C. A técnica tem pouca aplicação no Brasil, pois depende, ainda, do aperfeiçoamento da capacidade tecnológica nacional (PINTO-COELHO, 2009).

A pirólise é um processo de reação endotérmica, diferindo do processo de combustão realizado em condições exotérmicas, isso se faz necessário, pois somente dessa forma, reduzindo as perdas de calor é possível obter o fracionamento das substâncias sólidas presentes no lixo. À medida que os resíduos passam pelas diversas zonas de calor que constituem o reator pirólítico, o fracionamento das substâncias sólidas ocorre gradualmente (LIMA, 2004).

“O balanço energético do sistema de pirólise é sempre positivo, pois produz mais energia do que consome; este, sem dúvida, é um fator importante para que este processo continue a ser pesquisado.” (LIMA, 2004, p.165). São necessárias ainda pesquisas básicas e aplicadas para se alcançar uma maturidade tecnológica que permita a aplicação desta tecnologia e seus produtos em escala comercial, além ganhar atratividade econômica (AMBIENTEBRASIL, 2011). Analisando as dificuldades da técnica, considera-se a pirólise como um processo em desenvolvimento, por oferecer ainda elevado grau de incerteza. Entretanto, “com o avanço da tecnologia da combustão, este método pode tornar-se um instrumento de grande utilidade na luta contra a poluição.” (LIMA, 2004, p.161).

Algumas das rotas tecnológicas para conversibilidade de energia a partir de resíduos sólidos urbanos já se encontram implementadas em diversos países, as quais podem ser estudadas com maior profundidade trata-se: da Digestão Anaeróbica Acelerada, Gás de Lixo e Incineração. Outras tecnologias ainda estão em fase incipiente, as quais poderão receber uma análise futura que são as tecnologias: Biomassa – Energia – Materiais (BEM) e Gaseificação. A utilização do gás de lixo e a digestão acelerada são duas tecnologias distintas, porém que atuam de forma semelhante, em ambos os casos, ocorre a geração de uma mistura gasosa, rica em metano e dióxido de carbono que pode ser utilizada para a obtenção de energia (HENRIQUES, 2004).

Na biodigestão existem alguns fatores que podem influenciar o processo de modo negativo o que causa inibição na digestão da matéria orgânica. A influência da temperatura pode afetar a atividade microbológica, quanto maior for a temperatura do meio, maior será a atividade e, conseqüentemente, maior será a produção de gás. Por fim, a influência de substâncias tóxicas presentes nos detritos como antibióticos, detergentes, ácidos, óleos, metais e outras oriundas do lixo urbano, podem inibir o processo de digestão. “Os metais pesados, como o cobre, cádmio, chumbo e outros desta natureza, também são inibidores de fermentação biológica” (LIMA, 2004, p.193).

O Gás de Lixo é recomendável para aqueles aterramentos ou lixões já existentes, evidenciando a necessidade de se reportar a tecnologias que não priorizem o aterramento de resíduos sólidos urbanos, desta forma diminuindo impactos ambientais gerados na eliminação de efluentes líquidos e gasosos produzidos por essas técnicas.

O brasileiro Daltro Garcia Pinatti, da Faculdade de Engenharia Química de Lorena – SP, desenvolve desde o final dos anos da década de 1980, uma tecnologia chamada de BEM, a sigla significa Biomassa – Energia – Materiais. O Grupo Peixoto de Castro, que é um grupo brasileiro, junto ao Professor Pinatti são os detentores da patente (PINATTI, 1996 *apud* HENRIQUES, 2004, p.144).

O Programa BEM tem por objetivo desenvolver as tecnologias dos materiais lignocelulósicos (madeira, bagaço de cana, capim, resíduos agrícolas, parte

orgânica do lixo, etc.) e de digestão material (monazita, zirconita, etc.). Isto tem sido feito através de reatores de aço carbono revestidos com metais refratários e, neste programa, as biomassas são transformadas em duas commodities: a celulignina utilizada como combustível, ração animal e madeira sintética, entre outros produtos e o pré-hidrolisado (solução de açúcares) usado em produtos químicos tais como furfural, álcool, xilitol.

Os impactos ambientais que essa tecnologia pode causar referem-se aos gases gerados na queima da celulignina (dióxido de carbono, outros gases de efeito estufa), todavia ainda não há um estudo detalhado desta combustão. Outro impacto é sobre a disposição do furfural, caso não tenha aplicação prevista, se torna um impasse a esta tecnologia (HENRIQUES, 2004).

A única planta com a tecnologia BEM é para tratamento da casca de arroz (Grupo Pileco – Alegrete - RS) para produção de sílica 99,9% SiO<sub>2</sub>. Para tratamento de resíduos sólidos urbanos, a tecnologia está enfrentando problemas nas licitações por não ter ainda uma planta em operação para RSU (PINATTI, 2012). Existe também uma planta piloto do reator de pré-hidólise ácida localizado em Lorena, Estado de São Paulo, na sede da empresa RM – Materiais Refratários, onde é desenvolvido o Programa BEM.

A gaseificação, segundo Henriques (2004) e a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, (2002), é a conversão de qualquer combustível líquido ou sólido, como a biomassa, em gás energético por meio da oxidação parcial em temperatura elevada, estes gases podem ser usados em máquinas de combustão internas para geração de energia direta ou em caldeiras para geração a vapor e produzir energia.

A gaseificação da biomassa ainda não é uma tecnologia competitiva no mercado (ANEEL, 2002). De acordo com o Plano Nacional de Energia – PNE (2007), um dos deméritos dessa tecnologia é a dificuldade na obtenção de um equipamento capaz de produzir um gás de qualidade, com confiabilidade e segurança. O sofisticado sistema de resfriamento, de manutenção dos sistemas de limpeza e operação, faz deste um negócio custoso (HENRIQUES, 2004).

## **TRATAMENTO ALTERNATIVO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: PROJETO NATUREZA LIMPA**

A empresa TJMC Empreendimentos, localizada no município de Unaí, na porção noroeste do Estado de Minas Gerais, desenvolveu junto aos meios acadêmicos sob a liderança da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, tendo como assessoria científica o Professor Doutor Jean-Marie Lambert, o projeto Natureza Limpa. A empresa foi criada em 2005, trabalhando atualmente no desenvolvimento e comercialização do projeto, o qual vem sofrendo adaptações e aperfeiçoamentos desde sua origem em 2009.

A TJMC Empreendimentos possui um protótipo que já foi testado informalmente, porém ainda não está em operação, pois aguarda liberação dos órgãos ambientais competentes para a obtenção da Licença de Operação (LO). O Projeto Natureza Limpa objetivou o desenvolvimento de uma usina especialmente concebida para a conversão da porção orgânica dos resíduos sólidos urbanos em carvão ecológico usando ainda da hibridação de rotas tecnológicas como a reciclagem e a compostagem. Este projeto é aplicável a municípios, por ser adaptável à programas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos municipais.

O projeto se utiliza da hibridação de rotas tecnológicas distintas para cada resíduo, valendo-se de três vertentes:

- (a) – Reciclagem/Carbonização por pirólise com geração de combustível briquetado;
- (b) – Reciclagem com compostagem e produção de fertilizantes;
- (c) – Trituração de restos de demolição para a fabricação de agregados de cimento para a construção civil.

Os resíduos tratados são todos os resíduos sólidos urbanos, ou seja, aqueles de origem domiciliar, comercial e de limpeza urbana. De acordo com as informações da assessoria, os

plásticos, papéis, borrachas, óleos comestíveis e lubrificantes podem tecnicamente integrar a massa pirolisada. Para cada vertente há uma estrutura modular ajustável da usina de acordo com a demanda de resíduos.

A vertente reciclagem/carbonização se inscreve no conceito genérico de tratamento térmico com recuperação energética por produção de combustível derivado de resíduos. Primeiramente é feita a triagem do material reciclável e o saldo orgânico é transformado em carvão pirolítico de alto valor calorífico. A estrutura para implantação apresenta caráter modular que permite o ajuste a qualquer aglomeração urbana e volume de RSU por multiplicação dos elementos centrais da estrutura padrão (PROJETO NATUREZA LIMPA, 2012).

Os resíduos são recebidos em uma área coberta com balança eletrônica para descarga dos caminhões de transportes com coletor de chorume; seguem por um braço mecânico que distribui os resíduos nos túneis de secagem. Neste local, a temperatura média é de 120° C a qual é mantida por sopro da caixa de combustão que é alimentada por carvão vegetal produzido por RSU. Nesta etapa, é retirada a umidade o que contribui para a salubridade e o manuseio na triagem dos recicláveis, a qual ocorre em uma esteira em movimento com campo imantado para a retirada de materiais ferrosos. Essa etapa é feita manualmente por triadores posicionados no percurso. Essa triagem manual remove o material inorgânico que voltará para a cadeia produtiva via reciclagem.

No processo, o saldo orgânico segue para o triturador e depois para o reator pirolítico com vistas à carbonização. Os efluentes líquidos percolados no manejo de descarga são recolhidos em tanque impermeável e bombeados para a câmara térmica do reator pirolítico visando posterior reaproveitamento de material graxo como combustível e devolução de saldo na forma de água purificada à natureza. O tanque do reator pirolítico é mantido a uma temperatura de até 400° por aquecimento da câmara térmica equipada com caixas de combustão. Essa operação de aquecimento equivale a uma fração de 30% do carvão gerado do próprio processo de pirólise, entretanto, a alimentação inicial de combustível é feita com carvão vegetal. Os efluentes gasosos oriundos do processo de pirólise são canalizados via condutos de exaustão até um condensador para transformação em água e produtos graxos. O carvão resultante da pirólise passa por uma homogeneização e adição de aglutinantes, finalmente é levado para a briquetedeira e posterior depósito (PROJETO NATUREZA LIMPA, 2012).

A vertente reciclagem com compostagem e produção de fertilizantes, se propõe na eliminação do passivo ambiental ocasionado pelo lixão ou aterro por compostagem e com a produção de fertilizantes organominerais, transformando o passivo ambiental em ativo agrícola, segundo o destino.

A eliminação do aterro ou lixão resultará no fornecimento de matéria prima a uma fábrica de fertilizantes. Esse processo comporta as etapas de secagem, triagem, compostagem, balanceamento, granulação e ensaque, que ocorrerá até o esgotamento dos resíduos depositados. A produção de fertilizantes consumirá uma média diária de RSU a ser definido por contrato com a Prefeitura. Fica a cargo da Prefeitura contratante a remoção dos resíduos dos depósitos antigos existentes.

O resíduo antes disposto no aterro é retirado por caminhões basculantes para ser levado até a unidade de tratamento, onde passa por um túnel de secagem giratório equipado com sistema de peneiramento para separação de terra e areia. Após, segue em esteira rolante para separação dos recicláveis por triadores posicionados no percurso.

A parcela orgânica é picada e separada por granulometria, depois é transferida para área de depósito impermeabilizada para balanceamento por acréscimo de matéria prima, como bagaço de cana, casca e sabugo de milho entre outras oriundas da agroindústria local, visando à formulação de massa orgânica homogênea em atendimento à regulamentação pertinente. O material não compostável é encaminhado para a unidade de reciclagem/carbonização.

A vertente trituração de restos de demolição para a fabricação de agregados de cimento para a construção civil, funciona como uma complementação dos processos anteriores acima descritos, utilizando para este processo uma estrutura também modular, que reaproveita restos de demolição para a fabricação de agregados de cimentos para a construção civil, é mais um recurso que valoriza a matéria prima já disponível evitando novas extrações.

No processo, inicialmente, as caçambas de entulho são descarregadas na calha vibratória ou despejadas no pátio de espera. O material cai no triturador via calha de recepção, depois é triturado e separado por granulometria. O material é translado para o homogeneizador por fuso transportador para mistura e produção de massa homogênea de areia, brita, cimento e água recuperada da pirólise. A massa é moldada e depois é abrigada no pátio para período de cura e armazenamento.

#### **AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO PROJETO NATUREZA LIMPA**

O Projeto Natureza Limpa inclui, em sua primeira vertente a pirólise que é uma tecnologia, que de acordo com Lima (2004), ainda oferece elevado grau de incerteza, porém com o avanço da tecnologia de combustão pode tornar-se um instrumento de grande utilidade na luta contra a poluição. O trabalho da TJMC Empreendimentos com a Pontifícia Universidade Católica de Goiás é de aperfeiçoamento da técnica para que se obtenha o mínimo de impacto acerca das emissões de gases, geração de cinzas e efluentes, obtendo-se o máximo de aproveitamento dos RSU.

As cinzas geradas no processo de pirólise foram analisadas por um laboratório particular, sendo classificadas como resíduo classe II B – inerte, segundo as normas da ABNT (2004). Esse material poderá ser incluído na fabricação de agregados de cimento para construção civil. As cinzas correspondem a 3% da massa de resíduo inicial.

Os padrões de emissão atmosférica do reator pirolítico foram considerados aceitáveis, através das análises dos efluentes gasosos, realizado pela mesma empresa particular, de acordo com os valores orientados pela Resolução nº 3 de 28 de junho de 1990 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), combinado com a Resolução CONAMA 316 de 29 de outubro de 2002 (ANALÍTICA, 2011).

O relatório técnico, emitido por uma empresa particular contratada, a respeito da emissão atmosférica da queima dos briquetes de carvão gerados no processo de pirólise, indicaram que as amostras de carvão analisadas não ultrapassam os valores máximos permitidos na legislação. As substâncias gasosas emitidas pela queima do briquete, evidenciadas na análise, se compõem de material particulado, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), ácido clorídrico (HCL) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). A Figura 1 relaciona as médias de amostragem obtidas através da chaminé de combustão de briquetes com o padrão máximo de emissão permitido.

**Figura 1.** Amostragens obtidas através da chaminé de combustão de briquetes

Fonte	Parâmetro	Unidade	Média das Amostragens	Padrão Máximo de Emissão
Chaminé de Combustão de Briquetes	Material Particulado - MP	mg/Nm <sup>3</sup>	67	150 <sup>1</sup>
	Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	5,3	2500 <sup>1</sup>
	Ácido Clorídrico - HCl	mg/m <sup>3</sup>	0,7	30 <sup>2</sup>
	Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	7,3	- <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Deliberação Normativa COPAM Nº 01/92, Minas Gerais

<sup>2</sup> Ta-Luft 2002 - Germany

<sup>3</sup> Não foi encontrada legislação de Referência

**Fonte:** CAMPO, 2012.

A lavagem dos gases emitidos no processo de pirólise geram efluentes que serão tratados em uma estação de tratamento de efluentes (ETE) instalada na própria usina. Os resíduos sólidos, líquidos e atmosféricos emitidos no processo de pirólise mais os gases emitidos na queima dos briquetes de carvão, estão sendo analisados novamente por laboratórios credenciados ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

As análises dos resíduos acima descritos são preliminares, pois de acordo com a FEAM (2011), as análises devem ser realizadas junto aos laboratórios homologados ao INMETRO, sem as quais a empresa não obterá a licença de operação (LO). A TJMC Empreendimentos, no atual momento dessa pesquisa, está se adequando às solicitações da Superintendência Regional de Regularização Ambiental (SUPRAM) do Noroeste de Minas.

O Projeto Natureza Limpa é inovador na hibridação de rotas tecnológicas no tratamento de RSU no Brasil. É um projeto que está sofrendo um amplo processo burocrático por utilizar a pirólise, que é uma técnica pouco aplicada no Brasil (PINTO-COELHO, 2009). Os pontos negativos dessa tecnologia se inserem na questão das análises referentes aos resíduos gerados em todo o processo, as quais estão ainda em aprovação. E ainda, a obtenção da licença de operação depende do cumprimento das exigências dos órgãos ambientais responsáveis. Nessas exigências está incluso um estudo de viabilidade técnica e ambiental do empreendimento que já foi providenciado.

O reator pirolítico do protótipo consegue atingir uma eficiência de combustão que varia de 88% a 90 %, ainda com uma eficiência de redução volumétrica de 85%. Outra vantagem é a produção de briquetes de carvão pirolítico em substituição ao carvão vegetal usado na queima em fornos pelas indústrias.

A segunda vertente do projeto reciclagem/compostagem que objetiva o tratamento dos resíduos aterrados ou dispostos a céu aberto (lixão), podem ainda diminuir o passivo ambiental gerado por essas formas de disposição de RSU.

A hibridação de rotas tecnológicas do Projeto Natureza Limpa além da junção de pesquisas acadêmicas para a evolução dos processos em todas suas etapas é um grande atrativo para este projeto. A base científica e os aparatos de pesquisas aplicados no projeto lhe dão mais seriedade e continuidade no avanço dos ganhos ambientais.

O modelo objetiva o máximo de reaproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos em todo o seu ciclo de acordo com suas características, se aperfeiçoando concomitante à necessidade e à legislação pertinente.

## **PROPOSTA DE TRATAMENTO ALTERNATIVO PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE UBERLÂNDIA**

Uberlândia possui uma estrutura de gerenciamento de resíduos sólidos à frente de muitos outros municípios mineiros, todavia estudar melhorias no tratamento e reaproveitamento desse resíduo, no intuito de diminuir os impactos socioambientais que o descarte impensado e a crescente geração podem causar, se torna necessário. A busca de melhores tecnologias disponíveis e, se possível, cogeneradoras de energia, no tratamento de resíduos sólidos urbanos, deve caminhar juntamente a programas de educação ambiental que beneficiem a sociedade

O aterro sanitário está localizado próximo ao bairro Guarani na porção oeste da cidade. Segundo os dados do setor de Serviços Urbanos da PMU (2013), o aterro recebe em média 450 toneladas de resíduos por dia, o que equivale aproximadamente a 0,7 quilogramas de resíduos *per capita* dispostos no aterro diariamente.

No mesmo período, 2000 a 2010, em que a população total do município teve um aumento de 20,5%, a produção *per capita* diária de lixo aumentou em 3,7% (PMU, 2011). No aterro sanitário, além das 450 toneladas recebidas de resíduos sólidos urbanos, ainda são dispostos uma média diária de 64 toneladas de resíduos sólidos industriais classe II (inertes e não inertes) advindos de pessoas jurídicas.

A rede hospitalar de Uberlândia é geradora de resíduos sólidos classe I, que são considerados perigosos, apresentando características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e toxicidade (ABNT, 2004).

Os materiais perfurocortantes, materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, sobras de amostras de laboratório e análises clínicas e, outros que trazem risco a saúde humana, são enviados para uma empresa especialista em tratamento de resíduos sólidos de saúde (RSS). As unidades de saúde como o Hospital de Clínicas de Uberlândia da

Universidade Federal de Uberlândia, as Unidades de Atendimento Integrado (UAI), os postos de saúde dos bairros e os hospitais particulares, terceirizam com a empresa Sterlix Ambiental os serviços de coleta e tratamento desses resíduos. Os resíduos sólidos de saúde são tratados através da tecnologia de autoclave e o material esterilizado e descaracterizado é enviado ao aterro sanitário (PMU, 2012; STERLIXAMBIENTAL, 2013).

A empresa que realiza a coleta, transporte e a disposição de RSU no aterro sanitário é a Limpebrás Engenharia Ambiental. Ela também faz o controle e monitoramento do aterro sanitário. A Limpebrás atua em Uberlândia com uma frota de 32 caminhões e um total de 297 funcionários para a coleta convencional. Para cada caminhão, operam um motorista e três ou quatro garis, com turnos diferenciados. É gasto pela prefeitura de Uberlândia um total de R\$139,25 por tonelada de RSU para que seja coletado, transportado e aterrado. Considerando uma geração de 450 ton/RSU/dia, há um gasto diário de aproximadamente R\$62.662,50 para a disposição do lixo no aterro (PMU, 2012).

A população atendida pelo programa de coleta seletiva da prefeitura representa 34,8% da população total de Uberlândia (PMU, 2012). Os resíduos recicláveis coletados vão para as cooperativas de catadores e triadores desses materiais. Em Uberlândia, havia apenas duas cooperativas para triagem de materiais recicláveis até o final do ano de 2010. Após a implantação da coleta seletiva no início do ano de 2011 até meados de 2012, mais cinco cooperativas se constituíram. Em um total de sete cooperativas ou associações estão a Associação de Catadores e Recicladores Autônomos (ARCA), Cooperativa de Recicladores de Uberlândia (CORU), Associação dos Coletores de Plástico, PET, PVC e outros Materiais Recicláveis (ACOPPPMAR), Associação dos Catadores e Recicladores de Uberlândia (ACRU), Associação dos Catadores de Material Reciclável do Bairro Taiaman (ASSOTAIAMAN), Associação dos Catadores Boa Esperança (ARBE) e Cooperativa de Reciclagem e Coleta Seletiva (COOPER-UDI).

O programa de coleta seletiva conta com onze Ecopontos que auxiliam no recebimento de materiais reaproveitáveis. Esses são pontos de entrega voluntária onde o cidadão pode levar resíduos recicláveis, de construção, de limpeza de terreno e outros. O local é equipado com contêineres que recebem resíduos principalmente de construção e limpeza de terreno que são levados, na grande maioria, por carroceiros.

Os Ecopontos estão localizados respectivamente por data de implantação nos bairros Luizote de Freitas, São Jorge, Santa Rosa, Guarani, Presidente Roosevelt, Daniel Fonseca, Morumbi, São Lucas, Tocantins, Cruzeiro do Sul e Segismundo Pereira em Uberlândia.

No aterro sanitário de Uberlândia, atua a empresa Energás Geração de Energia operando na captação do metano com fins de geração de energia elétrica. A Energás é resultado de uma parceria entre a Limpebrás (empresa do setor de limpeza urbana e operação de aterros sanitários) e a Asja (líder na Itália em produção de energia renovável). A empresa iniciou suas operações em meados do mês de abril de 2012 no aterro que foi desativado em outubro de 2010. A tecnologia usada é o gás de lixo, a qual já foi tratada nesta pesquisa.

A exploração do gás de lixo no aterro sanitário da cidade tem uma expectativa de 8 a 9 anos (ENERGÁS, 2012). Esta tecnologia é útil para evitar a eliminação do metano (CH<sub>4</sub>) na atmosfera, além de utilizar o biogás para geração de energia, porém ainda há gases fugidios e a ineficiência do processo atinge 40%. Não há projetos de engenharia para reabilitação ou reuso dessa área após a exploração do biogás. Essa área ficará inativa novamente.

#### **A CONSTRUÇÃO DE UMA NOVA PAISAGEM PARA UBERLÂNDIA**

A adaptação do Projeto Natureza Limpa ao escopo de Uberlândia poderá aumentar o reaproveitamento de resíduos sólidos recicláveis, usar o potencial energético da porção orgânica e diminuir o uso de áreas para o aterramento de resíduos. Esses resultados geram outros de cunho financeiro como geração de créditos de carbono e diminuição do passivo ambiental oriundo dos aterros sanitários existentes.

Segundo o Instituto Carbono Brasil (ICB, 2013), a quantificação do carbono é feita com base em cálculos que demonstram a quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a ser removida ou a quantidade de gases do efeito estufa que deixará de ser lançada na atmosfera através da

efetivação de algum projeto ambiental. A medida internacional foi criada com o objetivo de medir o potencial de aquecimento global (GWP – Global Warming Potencial) de cada um dos seis gases causadores do efeito estufa: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) (PROTOCOLO DE QUIOTO, 1997). Foi estabelecido que cada crédito de carbono equivale a uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (ICB, 2013).

A geração de créditos de carbono pode ser negociada através da elaboração de um projeto que seja aprovado pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O MDL foi criado a fim de conceder créditos para projetos que reduzam ou evitem emissões de gases de efeito estufa (GEE) nos países em desenvolvimento. Desta forma o MDL envolve a compra, pelos países desenvolvidos, de certificados de redução de emissões de carbono (créditos de carbono) dos países em desenvolvimento, os quais não têm metas de redução de emissões. Os créditos de carbono são obtidos na forma de Reduções Certificadas de Emissões (RCE). O MDL é um mecanismo de grande importância, pois funciona como um canal pelo qual os governos e as corporações privadas transferem tecnologias limpas na tentativa de promoverem o desenvolvimento sustentável (FELIPETTO, 2007).

Os créditos de carbono obtidos geram saldos positivos ambientais e creditícios para contrabalancear o passivo ambiental existente referente aos aterros sanitários. O passivo ambiental representa toda e qualquer obrigação de curto e longo prazo, designadas exclusivamente a promover investimentos em prol de ações relacionadas à extinção ou amenização dos danos causados ao meio ambiente. O surgimento dos passivos ambientais dá-se pelo uso de uma área, lago, mar e todos os demais espaços que compõem o meio ambiente, inclusive o ar que se respira e, que de alguma forma está sendo prejudicado, ou ainda pelo processo de geração de resíduos (KRAEMER, 2007).

Sobre os projetos do MDL, existem metodologias aprovadas sobre empreendimentos de gestão de resíduos sólidos, que versam sobre projetos, em que os resíduos orgânicos originalmente destinados para aterros sanitários são tratados através de compostagem, digestão anaeróbica, gaseificação e combustível derivado de rejeito. Esses projetos evitam a emissão de GEE, entre os quais  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  (FELIPETTO, 2007).

O convênio que poderá ser criado entre a Prefeitura Municipal de Uberlândia com a TJMC Empreendimentos, para correlacionar a tecnologia disposta no Projeto Natureza Limpa ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, existente em Uberlândia, deverá ser primeiramente de integração das rotas tecnológicas. A etapa pós-implantação do projeto deverá vir seguida de estudos, por parte da gestão municipal, de quantificação e composição gravimétrica dos resíduos que ainda estarão indo para o aterro sanitário e, por conseguinte sua erradicação. Ambas as etapas deverão ser acompanhadas por programas de educação ambiental que atendam a toda comunidade uberlandense.

A integração do Projeto Natureza Limpa ao gerenciamento de resíduos sólidos de Uberlândia se dará a partir da instalação da primeira vertente que é a mais relevante, pois trará transformações no gerenciamento de resíduos sólidos da cidade de forma que a segunda e terceira vertente se instalarão após resultados positivos da adaptação da primeira.

A implantação iniciará com a instalação de cinco setores de recepção e direcionamento, parte da primeira vertente do projeto que é de reciclagem/carbonização por pirólise com geração de combustível briquetado. As cinco estruturas estarão dispostas nas cinco zonas urbanas de Uberlândia com capacidade para a quantidade de habitantes.

Com base nas informações de zoneamento urbano da prefeitura (PMU, 2011), foi previsto a capacidade de cada usina que chegará a um total de 600 toneladas dia. A mão de obra prevista para funcionamento em dois turnos das usinas será de 348 trabalhadores. Estes trabalhadores poderão ser aqueles que já trabalham com RSU como os catadores e triadores de materiais recicláveis. Será utilizada uma área total de 6.600 m<sup>2</sup> pra a implantação das cinco usinas. Na Tabela 1, são identificadas a localização, capacidade, mão de obra utilizada e área de implantação de cada estrutura de recepção e direcionamento.

**Tabela 1.** Localização, capacidade, mão de obra e área de implantação de cada usina de recepção e direcionamento.

Zona	População (hab.) *	Capacidade da usina (Ton.)	Previsão operacional (ton/dia)	M.O. p/ 2 turnos **	Área implantação m <sup>2</sup>
Norte	98.267	100	79	61	1200
Sul	131.016	120	105	70	1200
Leste	137.026	130	110	74	1200
Oeste	153.067	150	122	82	1500
Central	84.903	100	68	61	1200
Total	604.279	600	483	348	6600

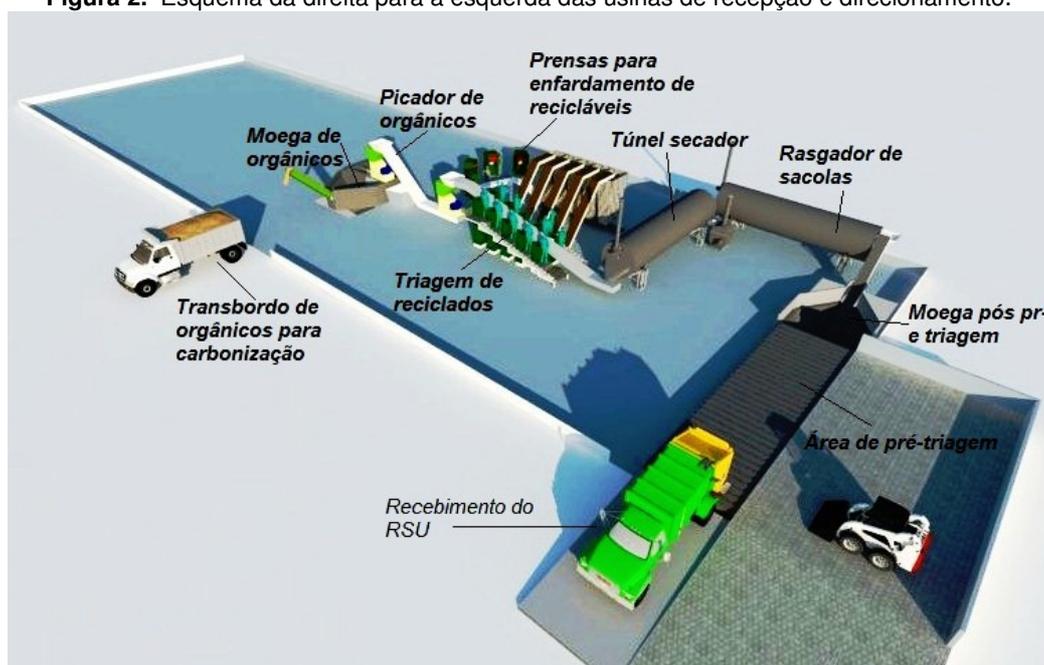
\* Dados zoneamento IBGE, PMU, 2011.

\*\* mão de obra para 2 turnos.

**Adapt.:** TJMC Empreendimentos, 2013.

Estudos sobre a localização específica de implantação de cada usina, acima mencionada, não são objetivos dessa pesquisa, pois obedecem a metodologias específicas de gestão municipal. As usinas de recepção e direcionamento para as rotas de reciclagem ou carbonização contarão com as etapas de recebimento, triagem, dilaceração de sacolas, secagem, prensagem, moagem e transbordo de orgânicos para o setor de carbonização. Essas etapas podem ser evidenciadas na Figura 2.

**Figura 2.** Esquema da direita para a esquerda das usinas de recepção e direcionamento.



**Fonte:** Arquivos internos Projeto Natureza Limpa, 2013.

A localização da usina de carbonização foi prevista preferencialmente, próximo ao aterro sanitário em operação. A usina de carbonização projetada para Uberlândia terá capacidade para 400 toneladas de RSU por dia. Para o funcionamento da usina será necessário um total de 51 funcionários para dois turnos operacionais e 12 funcionários para um turno administrativo. A usina de carbonização utilizará uma área total de 2.000 m<sup>2</sup> para implantação. A usina de carbonização é composta pelo reator pirolítico e pelas estações de tratamento de efluentes líquidos e gasosos.

Dada a instalação da primeira vertente do Projeto Natureza Limpa (reciclagem/carbonização), os resíduos sólidos urbanos serão enviados às usinas mais próximas (por zoneamento) pelos

caminhões da Limpebrás, ou outra empresa licitada. No recebimento desses resíduos, eles passarão pelos processos da tecnologia adotada onde terão os seguintes encaminhamentos:

- Resíduos sólidos recicláveis: serão encaminhados para as empresas de reciclagem, compreendem 29% do RSU (PMU, 2012) da cidade.
- Resíduos sólidos orgânicos: serão encaminhados para a usina de carbonização para a geração de briquetes de carvão, compreendendo 59,6% do RSU (PMU, 2012).
- Rejeitos: esses resíduos representam 11,3% (PMU, 2012) para essa parcela que se compõe de resíduos de higiene pessoal, resíduos têxteis e outros resíduos que não incorporam valor de mercado, deverão compor a massa pirolisada somente após análises de emissão de efluentes gasosos. Após, as análises deverão ser aprovadas pelo órgão ambiental responsável com base nos padrões vigentes de emissão de gases. Esse controle se deve ao fato de que alguns materiais podem conter cloro em sua composição. Segundo Assunção e Pesqueiro (1999) e também a União Protetora do Meio Natural (UPAN, 2013), a consequência é a eliminação gasosa de dioxinas e furanos que são uma classe de hidrocarbonetos clorados formados como subproduto não intencional de processos químicos, térmicos e biológicos. Essas substâncias estão entre as mais cancerígenas conhecidas, representando grande risco à saúde ambiental. Caso, após as análises, não sejam atendidos às normas de emissão de gases, esses resíduos deverão seguir para o aterro sanitário, até que possam ser reaproveitados em outras tecnologias disponíveis.
- Resíduos sólidos perigosos: para esses resíduos que representam 0,1% (PMU, 2012), devem ser estabelecidos planos específicos de logística reversa. As lâmpadas, pilhas e baterias deverão voltar ao ciclo de distribuição reverso, desenvolvido pela TJMC Empreendimentos com supervisão da Prefeitura.

A coleta seletiva, nesse novo cenário, continuará a ser exercida. Os resíduos recicláveis continuarão a ser enviados às cooperativas, sendo a coleta seletiva um facilitador para que a volta deste material ao ciclo produtivo seja breve. A coleta seletiva evita também que o material passe por rotas contaminantes. Essa contaminação acontece, quando o material entra em contato com restos de comida, óleos, rejeitos ou outros contaminantes, se tornando inviável para reaproveitamento através das tecnologias disponíveis.

É importante evidenciar que o setor privado tem um vasto campo de projetos nos quais podem se enquadrar, usufruindo de benefícios fiscais. Os briquetes de carvão, gerados pelo processo de pirólise na usina de carbonização, poderão ser vendidos para as indústrias que utilizam a queima de carvão vegetal para geração de energia. Essas indústrias poderão se beneficiar através da dedução do tributo base ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços), no caso específico é chamado de ICMS Ecológico. Essa derivação, segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento – SEMAD (2012), foi criada “a partir da necessidade da administração pública de encontrar alternativas para o fomento de atividades econômicas pautadas nas regras de proteção ambiental e do desenvolvimento sustentável nos seus municípios”. As indústrias ainda poderão se favorecer na redução do passivo ambiental existente, oriundo de suas atividades.

A segunda vertente do Projeto Natureza Limpa (reciclagem com compostagem e produção de fertilizantes), que é indicada para erradicação do aterro sanitário, poderá ser implantada no aterro em operação. Essa vertente é recomendada após a adaptação e obtenção de resultados da primeira vertente já instalada. É um processo mais complexo, pois envolve o tratamento de um resíduo já em processo de decomposição. Essa vertente admite as etapas de secagem, triagem, compostagem, balanceamento, granulação e ensaque, que ocorrerá até o esgotamento dos resíduos depositados. Os resíduos recicláveis desse processo serão encaminhados para indústrias de reciclagem, a parcela orgânica se tornará composto. A produção de fertilizantes consumirá uma média diária de RSU a ser definido por contrato com a Prefeitura, ficando a cargo da contratante a remoção dos resíduos dos depósitos antigos existentes. Além disso, na fabricação do composto será consumida parte da biomassa procedente de resíduos de produtos da agroindústria local. O setor primário é um consumidor em potencial desse fertilizante produzido.

Os benefícios da erradicação do aterro se estendem desde a redução do passivo ambiental existente até a geração de créditos de carbono devido à transformação desse resíduo em composto. O processo de compostagem tem metodologia já aprovada pela Organização das Nações Unidas (ONU) para projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

A instalação da segunda vertente necessitará de uma unidade para as fases preparatórias e de uma usina para a produção de fertilizantes. A capacidade da usina e mão de obra contratada será de acordo com o convênio estabelecido entre as partes (contratante e contratada). As unidades deverão ser instaladas no aterro em operação. A área da disposição das leiras de compostagem deverá ser estabelecida também nas proximidades do aterro. É importante evidenciar, que essa vertente somente será contemplada, após se constatar o desuso do aterro sanitário, ou diminuição representativa do uso. Dessa forma, evita-se a geração de custos onerosos referentes a contratos anteriores de aterramento dos resíduos.

O aterro sanitário desativado continuará com a exploração do biogás, aproveitando o estágio avançado de decomposição do resíduo depositado. Projetos de engenharia, para a posterior utilização dessa área, poderão ser realizados durante os nove anos de exploração do gás de lixo no local.

A terceira vertente do Projeto Natureza Limpa (fabricação de agregados de cimento para a construção civil), se pautará na instalação de duas estruturas modulares, uma para preparação e trituração do material e outra para a produção do agregado de cimento. A localização dessas unidades poderão se instalar na zona oeste da cidade, a qual comporta a maior quantidade de Ecopontos e número de habitantes, ou em zona rural próxima. Essa vertente poderá se utilizar dos restos de demolição que chegam aos Ecopontos, se tornando uma matéria- prima gratuita além de incrementar benefícios para Prefeitura referentes à diminuição de passivos pela má destinação desse material. O mercado local, ou convênios estabelecidos com programas de habitação, poderão utilizar esse material produzido.

Nessa nova perspectiva, os Ecopontos continuarão exercendo sua função programada. Entretanto, os restos de podas e madeiras procedentes de limpeza de terrenos serão enviados para a usina de carbonização como matéria-prima para o carvão pirolítico. Os restos de demolição de construção civil servirão de matéria-prima pra a fabricação de agregados de cimento e, a partir de convênios retornarão mais baratos para os projetos de habitação, obtendo ganhos para a sociedade.

Todo esse novo cenário com a integração das vertentes do Projeto Natureza Limpa ao escopo de Uberlândia deverá ser apoiado por meio de programas de educação ambiental que sejam dedicados e não pontuais como acontecem atualmente no município. Ao desenvolver estruturas que alterem o hábito do cidadão, se torna preciso educá-lo para atender a nova perspectiva. Alterar modos tradicionais de encarar o lixo como algo em processo e não como algo findo é laborioso.

O processo de educação ambiental a ser trabalhado, desperta a necessidade de um caráter integral que promova o conhecimento dos problemas ambientais em seu conjunto e os vincule às causas (COLESANTI, 1994). O programa a ser efetivado em Uberlândia carecerá de constância, objetivando ascendência aos resultados.

A promoção da educação ambiental na cidade deverá alcançar um caráter primeiramente informativo, induzindo o cidadão ao conhecimento de cada material descartado em casa. E ainda, demonstrar a importância de cada material dentro da nova linha de transição dos resíduos sólidos urbanos, identificando suas rotas de tratamento. As informações deverão ser veiculadas publicamente através de informes impressos, palestras, abordagens porta a porta, informações no site da Prefeitura e também pela televisão. Os trabalhos deverão seguir cada vez mais abrangentes, com publicação de resultados em eventos municipais e outros veículos de informação. Caso o município venha a receber premiações, deverão ser compartilhadas com a população.

Os trabalhadores das cooperativas, Ecopontos e todos aqueles vinculados ao novo gerenciamento de resíduos sólidos urbanos da cidade devem receber da mesma forma

programas educativos para que sejam incentivadores da nova perspectiva adotada pelo município.

Os programas de educação ambiental carecem de uma reflexão profunda sobre os padrões de consumo da sociedade. Se atentar apenas à coleta seletiva com o direcionamento de resíduo para tratamento específico, não pode ser encarado como solução, mas alternativa. As soluções devem se pautar na revisão da necessidade de consumo, levando o cidadão a refletir sobre o modo de produção e o valor dado aos objetos.

O indivíduo deve apreender o ambiente a partir do potencial ecológico da natureza e dos sentidos culturais que mobilizam a construção social (LEFF, 2010). Nesse sentido, o indivíduo se reconhece como cidadão transformador do meio em que vive. Assim, a educação ambiental passa a ser uma das soluções para combater junto aos empreendimentos governamentais e empresariais, a crise ambiental do mundo (COLESANTI, 1994).

Os incentivos educacionais devem vir de cada movimento e inovação dada pela Prefeitura de Uberlândia. É preciso vincular as necessidades de mudança a fatos positivos de atuação, como a alteração da visão do que é lixo, a partir da nova estrutura de tratamento e destinação. Os resíduos sólidos urbanos, nessa inovadora atuação de governança municipal, passam a ser vistos como elementos de ascensão socioambiental.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Observar o entorno, se ver dentro dele, saber que a cada objeto que se adquire, que forma se trata um tipo de relação, seja com as coisas ou com a sociedade, nos retorna de forma recíproca. Essa pesquisa veio da necessidade de mudar a forma como se trata o meio, a sociedade e os objetos.

Primeiramente, foi percebido que mesmo com a urgência que a sociedade tem de mudança, toda inovação é recebida com resistência. Estar receptivo a novas ideias, a movimentos de parte da sociedade que trabalham para a evolução, são características de um investigador.

Investigar novas tecnologias para tratamento dos resíduos sólidos urbanos de Uberlândia veio inicialmente, de uma perspectiva de que o tratamento deveria gerar energia elétrica para atender uma necessidade urgente da sociedade atual. Entretanto, em contato com pesquisadores de outros lugares do Brasil, foi possível perceber, que se deve focar no melhor aproveitamento de cada resíduo, mesmo que isso não implique necessariamente a produção de eletricidade. Portanto, o objetivo pode, por vezes, não percorrer um caminho que respeite o meio ambiente e o meio social. E os resultados, deste caminho mal escolhido, podem atender inicialmente uma necessidade da sociedade, mas provocar outras de valores inestimáveis.

A adoção da nova alternativa para tratamento de resíduos sólidos urbanos em Uberlândia, através do tratamento específico de cada resíduo, direcionando-o à melhor rota tecnológica disponível, ocasiona resultados positivos para o meio ambiente. Os resultados são diminuição de emissões de gases de efeito estufa, aproveitamento do potencial energético da biomassa, retorno de matéria-prima ao mercado produtivo e ainda diminuição ou extinção de impactos ambientais decorrentes da má disposição dos resíduos.

Os ganhos sociais se pautam na melhoria da saúde ambiental e uso de saldos creditícios positivos em benefício comum. A diminuição de áreas designadas à disposição de resíduos, a redução de impactos ocasionados pelo lixo e a geração de renda advinda do novo caminho percorrido por esse resíduo são saldos positivos para a comunidade uberlandense. O uso, pela governança municipal, do balanço positivo das substituições e deduções fiscais, dos créditos de carbono advindos de projetos de melhoria ambiental e da diminuição de passivos ambientais, poderão retornar em benefício para a cidade.

Os custos financeiros, embora tenham sido levantados na caracterização da situação dos resíduos sólidos urbanos de Uberlândia, não compõem os objetivos desse trabalho, todavia, foram indicados meios de ganhos financeiros a partir da implantação da tecnologia sugerida. As despesas de investimentos e cotação de serviços procedentes da adoção do Projeto Natureza Limpa, não foram disponibilizadas pela TJMC Empreendimentos, pois por depender

de pesquisas finais de adequação da tecnologia aos padrões dos órgãos ambientais responsáveis, ainda estão em avaliação.

O Projeto Natureza Limpa, mesmo dependendo de pesquisas finais de adequação aos parâmetros de eliminações residuais vigentes de parte dos processos da tecnologia, é indicado para adoção pelos governos municipais e, neste caso específico, pela Prefeitura Municipal de Uberlândia. A dificuldade que o Projeto encontra é justamente por não ter um parâmetro de comparação por parte dos órgãos ambientais, sendo uma iniciativa inovadora, ainda não há modelos operando. E nesse sentido, verifica-se a necessidade de inovação também da legislação atual, trazendo um campo do direito ambiental a ser aprofundado.

A cidade de Uberlândia, em seu atual cenário de desenvolvimento e crescimento, carece de se atentar às transformações que são inevitáveis, levando em consideração o modelo de exploração e deterioração que a comunidade global adotou. A adequação de toda inovação em auxílio às necessidades do planeta deve vir acompanhada de uma reapropriação do meio. O modelo proposto para Uberlândia é uma reação científica a um mau comportamento condicionado pelos padrões de consumo e produção da sociedade. Repensar a questão do lixo vem da ânsia de redesenhar a paisagem que se apresenta em degradação.

A reconstrução do espaço em função não só da necessidade em minimizar uma crise ambiental, vem da necessidade da reorganização do ser social e do redescobrimto do ser coletivo. A busca da transformação do ser individual ao ser cidadão, daquele que transforma e traz em ações características de bem comum. Como bem descreveu Leff (2001 p. 217) a “crise ambiental não é crise ecológica, mas crise da razão” e conquanto os “problemas ambientais são, fundamentalmente, problemas do conhecimento”.

A educação do ser individual, que o chame à ação em âmbito coletivo para benefício comum, se revela o maior desafio. O indivíduo não se encontra preparado, mas já existe nele o potencial que deve ser desenvolvido. A educação ambiental para a sociedade deve vir de bases paradigmáticas profundas, despertando o indivíduo a uma reapropriação da natureza.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), responsável por financiar e incentivar essa pesquisa.

À equipe da Prefeitura Municipal de Uberlândia que disponibilizou seu tempo e atenção na prestação de informações, especialmente, Beth Nascimento, Leliza Bernardes, Gaspar, Luciana Castro, Maria do Rosário, Mônica e a ex-secretária de meio ambiente Raquel Mendes.

À equipe da Limpebrás, em especial, Mariana Cunha, pelas informações prestadas.

À equipe da empresa TJMC Empreendimentos pela informações referentes ao Projeto Natureza Limpa, em especial, ao Mário Martins a atenção e hospitalidade prestadas durante a estada em Unaí. E ao professor Dr. Jean-Marie Lambert pela empolgação em ajudar com minha pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002.

AMBIENTEBRASIL. **Artigos Energia**. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos\\_energia/a\\_tecnologia\\_de\\_pirólise\\_no\\_contexto\\_da\\_producao\\_moderna\\_de\\_biocombustivies%3A\\_uma\\_visao\\_perspectiva.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/a_tecnologia_de_pirólise_no_contexto_da_producao_moderna_de_biocombustivies%3A_uma_visao_perspectiva.html)>. Acesso em: 02 fev. 2012.

ANALÍTICA. **Relatório Técnico de Avaliação de efluentes gasosos e cinzas de combustão da pirólise**. Cuiabá, agosto de 2011. 7 p.

ASSUNÇÃO, J. V. de; PESQUERO, C. R. Dioxinas e Furanos: origens e riscos. **Revista de Saúde Pública**, v. 33, n. 5, p. 523 -530, outubro, 1999. Disponível em: <[http://dioxinas.upan.org.br/dioxinas\\_fontes.pdf](http://dioxinas.upan.org.br/dioxinas_fontes.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2013.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 8419**. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

BIZZO, W; GOLDSTEIN Jr., L. Incineração de lixo urbano com geração de energia elétrica. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 1995. Campinas: Unicamp, 1995. 6 p.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 15 jun. 2011.

CAMPO FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO VEGETAL LTDA. **Relatório Técnico de Avaliação da fumaça da queima do briquete de carvão**. Paracatu, março de 2012. Relatório Técnico de Monitoramento Atmosférico. 11 p.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Publicações**. 2010. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/artigos.php>>. Acesso em: 05 maio 2012.

COLESANTI, M. T. M. **Por uma Educação Ambiental**: O Parque do Sabiá, em Uberlândia, MG. Rio Claro: UNESP, 1994. 174 f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Curso de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 316 de 29 de outubro 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. **Documento Oficial da União**. Brasília, 20 nov. 2002. Disponível em: <[http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/rsulegis\\_12.pdf](http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/rsulegis_12.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2012.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 3 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Documento Oficial da União**. Brasília, 22 ago. 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 05 maio 2012.

ENERGÁS. **Captação de gás de lixo no aterro de Uberlândia**. Disponível em: <[arnaldo@energás.com.br](mailto:arnaldo@energás.com.br)>. Acesso em: 18 de julho de 2012.

FELIPETTO, A. V. M. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a resíduos sólidos**: Conceito, planejamento e oportunidades. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 48 p. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu\\_urbano/\\_publicacao/125\\_publicacao12032009023847.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao12032009023847.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2013.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Minas sem lixões**. 2011. Disponível em: <<http://www.feam.br/minas-sem-lixoes>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

GRIPP, W. G. **Aspectos técnicos e ambientais da incineração de resíduos sólidos urbanos**: considerações sobre a proposta para São Paulo. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos. 1998. 208 p.

HENRIQUES, R. M. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Urbanos**: Uma abordagem tecnológica. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. 190 p. Disponível em: <<http://ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/rachelh.pdf>>. Acesso em 28 fev. 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 07 jul. 2012.

\_\_\_\_\_. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 17 mar. 2013.

ICB - INSTITUTO CARBONO BRASIL. **Créditos de carbono**. Disponível em: <<http://www.institutocarbonobrasil.org.br/>>. Acesso em: 17 jan. 2013.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Lixo Municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo, 2000. 278 p.

KRAEMER, M. E. P. **Passivo Ambiental**. 2007. 17 p. Disponível em: <[http://www.sense8.com.br/clientes/amda/imgs/up/Artigo\\_21.pdf](http://www.sense8.com.br/clientes/amda/imgs/up/Artigo_21.pdf)>. Acesso em: 24 fev. 2013.

KUMAR, S. Technology options for municipal solid waste-to-energy project. **TERI Information Monitor on Environmental Science**, v. 5, n. 1, p. 1 -11, junho, 2000. Disponível em: <[http://www5.zetataalk.com/docs/Gasifiers/Technology\\_For\\_Municipal\\_Solid\\_Waste-To-Energy\\_2000.pdf](http://www5.zetataalk.com/docs/Gasifiers/Technology_For_Municipal_Solid_Waste-To-Energy_2000.pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2012.

LAYRARGUES, Philippe. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. São Paulo: Cortez, 2002, 179-220.

LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. Tradução de Sandra Valenzuela; revisão de Paulo Freire Vieira. São Paulo: Cortez, 2001. 240 p.

LIMA, L. M. Q. **Lixo**: Tratamento e Biorremediação. 3 ed. São Paulo: Hemus, 2004. 265 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Disponível em: <[sic@mma.gov.br](mailto:sic@mma.gov.br)>. Acesso em: 30 de julho de 2012.

MONTEIRO. J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

PINATTI, D. G. **Plantas em operação no Brasil com tecnologia BEM**. Disponível em: <[pinatti@demar.eel.usp.br](mailto:pinatti@demar.eel.usp.br)>. Acesso em: 05 set. 2012.

PINTO-COELHO, R. M. **Reciclagem e desenvolvimento sustentável no Brasil**. Belo Horizonte: Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleos, 2009. 340 p. :il.

PNE – Plano Nacional de Energia. **Geração Termelétrica**: Biomassa. Ano 2007. Disponível em: <[http://epe.gov.br/PNE/20080512\\_8.pdf](http://epe.gov.br/PNE/20080512_8.pdf)>. Acesso em: 08 set. 2012.

PMU - PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Serviços Urbanos**. Disponível em: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br/?pagina=secretariasOrgaos&s=66>> Acesso em: fev. 2012.

\_\_\_\_\_. **Banco de Dados Integrados**. Ano 2011. Disponível em: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br/?pagina=secretariasOrgaos&s=56&pg=514>>. Acesso em: 17 jan. 2013.

\_\_\_\_\_. Núcleo de Coleta. **Coleta Seletiva**. Arquivos Internos. 2012.

PROJETO NATUREZA LIMPA. **Informações sobre a tecnologia**. Arquivos internos. Unai, 2012 – 2013. Disponível em: <[mario@naturezalimpa.com](mailto:mario@naturezalimpa.com)>

<[lambert.puc-goias@hotmail.com](mailto:lambert.puc-goias@hotmail.com)>. Acesso em: junho a dezembro de 2012; janeiro a março de 2013.

PROTOCOLO DE QUIOTO. **Políticas e medidas**. Brasil, 1997. 29 p.

Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0012/12425.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2012.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. 5 ed., 1 reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 120 p.

SEMAD - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **ICMS Ecológico**. Disponível em: <<http://www.semad.mg.gov.br/icms-ecologico>>. Acesso em: 17 dez. 2012.

STERLIXAMBIENTAL. **Nossos Clientes**. Disponível em: <<http://sterlix.com.br/2012/nossos-clientes/>>. Acesso em 11 set. 2012.

UPAN - União Protetora do Ambiente Natural. **Dioxinas e furanos**. Disponível em <<http://dioxinas.upan.org.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2013.