

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

**TECNOLOGIAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIAS LIMPAS SUSTENTÁVEIS - ESTUDOS DE CASOS DE ATERROS SANITÁRIOS BRASILEIROS**

**SOLID WASTE RECYCLING TECHNOLOGIES TO GENERATE CLEAN AND SUSTAINABLE ENERGY - CASE STUDIES OF BRAZILIAN SANITARY LANDFILLS**

Luciana da Silva, Tâmela Arend Campos, Antonio Flavio Gomes e Luciana Londero Brandli

**RESUMO**

Com o contínuo aumento de consumo e geração de resíduos sólidos, no Brasil e no mundo, é imprescindível e urgente alternativas para a disposição final destes resíduos de forma ambientalmente adequada. E, uma destas formas é a utilização destes resíduos na produção de energias limpas que não poluem o meio ambiente e contribuem para a qualidade de vida e para a sustentabilidade nas cidades. Pretende-se com este trabalho estabelecer um panorama atual do Brasil, sobre o desenvolvimento das tecnologias limpas, envolvendo os resíduos sólidos urbanos, como forma de minimizar os impactos ambientais, colaborando para a redução de emissões de gases do efeito estufa e contribuindo para atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável. A metodologia é baseada na pesquisa bibliográfica, com estudos de casos brasileiros de aplicação de tecnologias de tratamento de resíduos sólidos para a geração de energia renovável. Evidenciando, com base nos estudos realizados que há viabilidade técnica, socioeconômica e ambiental para o avanço destas tecnologias no país que contribuem para a reciclagem dos resíduos sólidos, para a gestão sustentável, para a geração de fontes de energias limpas de proteção do ambiente, a qualidade de vida para a população e sustentabilidade da matriz energética do país.

**Palavras-chave:** Energia Limpa, Fonte Energia Renovável, Resíduos Sólidos, Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

With the continuous increase in consumption and solid waste generation in Brazil and in the world, it is essential and urgent alternatives for disposal of these wastes in an environmentally appropriate manner. In addition, one of these forms is the use of waste to produce clean energy that does not pollute the environment and will raise the quality of life and sustainability in cities. The aim of this work to establish a current overview of Brazil, on the development of clean technologies, involving municipal solid waste, in order to minimize environmental impacts, contributing to the reduction of greenhouse gas emissions and contributing to achieving the objectives of sustainable development. The methodology is based on the literature, with studies of Brazilian cases of application of solid waste treatment technologies for generating renewable energy. Evidencing, based on studies that there are technical, socioeconomic and environmental for the advancement of these technologies in the country contributing to the recycling of solid waste for sustainable management for the generation of clean energy sources environmental protection, the quality of life for the population and the sustainability of the country's energy matrix.

**Keywords:** Clean Energy, Source Renewable Energy, Solid Waste, Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

Em 2015, o Brasil aderiu aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A adesão ocorreu durante a Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, em Nova York, onde o Brasil foi protagonista de todas as sessões de negociação. Na prática, os ODS serão responsáveis por orientar as políticas públicas e as atividades de cooperação internacional nos próximos 15 anos, sendo uma continuidade dos chamados Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Ao final, o acordo resultou em 17 objetivos e 169 metas a serem cumpridas pelos países que se comprometeram a adotar os ODS. O país está na dianteira em algumas metas ligadas, por exemplo, a melhorias nas matrizes energéticas e busca de alternativas aos combustíveis fósseis, que consta no ODS nº 7 – Energia Limpa e Acessível (IPEA, 2015).

Com as tecnologias disponíveis atualmente, é possível que apenas 2,5% das fontes viáveis de energias renováveis consigam suprir cerca de 80% da demanda mundial de energia até 2050. Destaca-se o potencial das fontes alternativas e seu papel fundamental na mitigação das mudanças climáticas, preve-se que se todo o arcabouço de tecnologias renováveis fosse utilizado, o mundo poderia manter as suas concentrações de gases-estufa abaixo de 450 partes por milhão (ppm), sendo este o limite seguro, previsto pelos cientistas, além do qual as mudanças do clima se tornam catastróficas e irreversíveis (MORAES, 2011).

Segundo dados do SREEN (The Special Report on Renewable Energy Sources), que apontam para uma crescente participação das renováveis na capacidade de energia instalada nos últimos anos, porém, verifica-se que é preciso aumentar em até 20 vezes a produção de energia renovável para evitar níveis perigosos de gases de efeito estufa. Mesmo com este cenário o SREEN é otimista sobre o futuro e prevê que a energia limpa será muito mais importante do que a captura de carbono até 2050 (MORAES, 2011).

Em 2015, pela primeira vez, as energias renováveis representaram a maior parte da nova capacidade de geração de eletricidade global. Conforme informa o relatório das Nações Unidas, mais de 50% dos 286 milhões de dólares investidos em energia eólica, energias renováveis solar e outras ocorreram em mercados emergentes como China, Índia e Brasil. E, ainda excluindo as grandes usinas hidrelétricas, 10,3% de toda eletricidade gerada no mundo em 2015 veio de fontes renováveis (THE NEW YORK TIMES, 2016).

Portanto, é perceptível para o futuro próximo o avanço considerável em novas tecnologias que utilizem fontes renováveis, baseadas nos mecanismos de desenvolvimento limpo. Assim, apresenta-se um breve panorama das energias limpas sustentáveis no Brasil, principalmente, aquelas relativas a reciclagem de resíduos sólidos urbanos, em termos de aplicação e perspectivas futuras, suas linhas de financiamento e incentivos fiscais.

## 2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, a nova ordem mundial é a busca pela autossuficiência em geração de energia, aliada a uma diversificação da matriz energética, ou seja, a procura por diferentes fontes de energias alternativas que supram a demanda interna dos países, no caso de uma escassez de combustíveis fósseis. Para tanto, os países têm que ter sob controle fontes primárias de geração de energia elétrica, térmica e veicular e, em um mundo globalizado, é necessário que haja uma interdependência entre os países e uma autossuficiência em alguma fonte de energia (LIMA; BERNSTEIN; VALLE, 2015).

Na busca por fontes renováveis, o Brasil, está em vantagem em relação a outros países, pelas altas taxas de luminosidades e pelas grandes dimensões territoriais, além disso, tem um programa de biomassa bem estruturado e viável. O objetivo é alcançar, praticamente

o dobro de participação das energias alternativas na matriz energética brasileira, elevando-se de 3,1% para 5,9%.

Em 2015, houveram avanços importantes também no setor de biogás, no Brasil, como a resolução da Agência Nacional de Petróleo (ANP), que reconheceu o biometano como combustível equivalente ao gás natural e que pode ser comercializado, o que pode gerar uma nova economia, alterando toda a cadeia com atratividade para novos investidores. Em novembro, a Associação Brasileira de Biogás e Metano (ABBM) finalizou o plano nacional de biogás e biometano, cujo objetivo é contribuir com o programa de governo federal, na forma de políticas públicas; e que coloca o biogás dentro de um planejamento para ganhar cada vez mais espaço no mercado, e coloca em pauta o biogás e o biometano como fontes energéticas renováveis e integráveis à matriz energética nacional.

Além disso, houve a atualização da Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), no que se refere às questões de geração distribuída, que ampliou de 3 para 5 watts, facilitando o fomento da realização de consórcios para a geração distribuída, e ampliando, desta forma, os modelos de negócios no setor de biogás. Porém, como a tecnologia do biometano é recente no país, menos de um ano no mercado, as dificuldades encontradas são a capacitação de pessoas e a sensibilização dos órgãos governamentais quanto às políticas públicas, incentivos fiscais, linhas de financiamento, fomento de investimentos, entre outros (REGIS, 2016).

Outro avanço interessante, é o mapeamento do setor de Biogás no país, realizado pelo CIBiogás (Centro Internacional de Energias Renováveis–Biogás), que é uma instituição científica, tecnológica e de inovação, localizada no Parque Tecnológico Itaipu (PTI), em Foz do Iguaçu (PR) e disponibilizado na web (<http://mapbiogas.cibiogas.org/>). Pois, segundo a Associação Brasileira de Biogás e Biometano (Abiogás), o potencial nacional de produção de biogás é de cerca de 20 bilhões de metros cúbicos ao ano nos setores sucroalcooleiro e na produção de alimentos. E, no setor de saneamento básico, resíduos sólidos e esgotos domésticos é de três bilhões de metros cúbicos ao ano. (CIBIOGÁS, 2016).

Assim, é possível verificar que muitas inovações estão sendo implantadas no país, e a partir disso, cria-se a necessidade de estabelecer um breve panorama das energias limpas, tipos e desafios para o Brasil, especialmente, para as fontes de energias renováveis geradas a partir dos resíduos sólidos urbanos (RSU).

## 2.1 Energia Limpa: Conceito e Tipos

As energias limpas ou energias renováveis são as oriundas de ciclos naturais e fontes primárias de quase toda energia da Terra, assim são praticamente inesgotáveis e não alteram o balanço térmico do planeta. Nessa categoria, incluem-se as energias provenientes de fontes primárias como a energia eólica, energia solar, biomassa, que se regeneram de uma forma cíclica em uma escala de tempo reduzida, causando o mínimo de impacto ao meio ambiente. (PACHECO, 2006).

Conforme Uczai (2012), os principais tipos de fontes renováveis, são apresentadas a seguir, porém excluindo-se os biocombustíveis e fontes renováveis com a finalidade de aquecimento, com exceção da energia solar térmica para aquecimento de água, em decorrência da realidade brasileira.

**2.1.1. Energia Solar Fotovoltaica:** é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores. Esse fenômeno é conhecido como Efeito Fotovoltaico, onde as células solares convertem diretamente a energia solar - a mais abundante fonte de energia renovável - em eletricidade. O processo de geração, executado por dispositivos semicondutores, não tem partes móveis, não produz cinzas nem outros resíduos e,

por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera. Como não envolve queima de combustíveis, evita por completo o efeito estufa. Uma vez que os sistemas são modulares, a eletricidade solar fotovoltaica tem múltiplas aplicações: os módulos necessários à geração da potência requerida podem ser rapidamente instalados. Os sistemas são frequentemente usados nas telecomunicações, como em repetidoras de microondas. Nos países em desenvolvimento as aplicações ideais encontram-se nas áreas isoladas ou distantes das redes de distribuição de energia elétrica: comunicações, bombeamento de água, processamento de alimentos, sistemas de refrigeração, sinalização automática ou eletrificação de cercas (BRAGA, 2008).

**2.1. Energia Termosolar:** energia termosolar, é a quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente. A sua utilização é na geração de energia elétrica por meio de um conjunto de espelhos móveis que concentram a radiação do sol em um tubo central que gera vapor capaz de mover uma turbina elétrica. A utilização dessa forma de energia implica saber captá-la e armazená-la. Os equipamentos mais difundidos com este objetivo específico de se utilizar a energia solar termosolar são conhecidos como coletores solares. Esta energia utiliza a energia solar térmica para gerar eletricidade, sendo que no primeiro momento se obtém energia solar térmica e depois se utiliza esta energia para produzir eletricidade através de uma turbina ou motor. Os exemplos de utilização são os de qualquer equipamento elétrico, porém esta tecnologia geralmente é utilizada em larga escala e por isso os equipamentos não são vistos em residências. Uma curiosidade e grande diferencial desta tecnologia com relação à energia solar fotovoltaica é a capacidade de armazenar o calor de forma bem mais econômica que a eletricidade, que necessita de baterias (SI-PERNAMBUCO, 2010).

**2.1.3 Energia Solar Termoeletrica:** é a utilização do calor dos raios solares, refletidos por painéis parabólicos e concentrados em um ponto específico, para aquecer um fluido, geralmente sal liquefeito, que permanece estocado em reservatórios a alta temperatura. Quando há demanda por energia, o fluido é conduzido até um trocador de calor que gera vapor d'água a alta pressão que move uma turbina, produzindo energia elétrica. O fluido é reaproveitado e, ao longo do dia, o conjunto de espelhos se movimenta para manter o melhor ângulo de captação da luz e do calor do sol (PIRES, 2010).

**2.1.4 Biomassa:** é a energia química produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono através da fotossíntese. Plantas, animais e seus derivados são biomassa. Sua utilização como combustível pode ser feita na sua forma bruta ou através de seus derivados. Madeira, produtos e resíduos agrícolas, resíduos florestais, excrementos animais, carvão vegetal, álcool, óleos animais, óleos vegetais, gás pobre, biogás são formas de biomassa utilizadas como combustível. A renovação na biomassa se dá através do chamado ciclo do carbono. A decomposição ou a queima da matéria orgânica ou de seus derivados provoca a liberação de CO<sub>2</sub> na atmosfera. As plantas, através da fotossíntese, transformam o CO<sub>2</sub> e água nos hidratos de carbono, que compõe sua massa viva, liberando oxigênio. Desta forma, a utilização da biomassa, desde que não seja de maneira predatória, não altera a composição média da atmosfera ao longo do tempo. A biomassa é utilizada nos processos para fabricação de biocombustíveis, destacando-se aí, o biodiesel e o biogás (PACHECO, 2006).

**2.1.5 Hidroeletricidade:** é a energia elétrica obtida através do aproveitamento da energia potencial gravitacional de água, contida em uma represa elevada. A potência gerada é proporcional à altura da queda de água e à vazão do líquido. Durante o processo de obtenção, antes de se tornar energia elétrica, esta energia deve ser convertida em energia cinética. O

momento desta transformação acontece na passagem da água em uma máquina hidráulica, denominada turbina hidráulica. A energia liberada pela passagem de certa quantidade de água movimenta a turbina, que aciona um gerador elétrico. A queda d'água pode ser natural, ou artificial, criada por uma barragem. A queda pode ser pequena, como no caso de uma usina maremotriz, que utiliza apenas o desnível das marés (CURSINO, 2007).

**2.1.6 Energia Eólica:** energia cinética das massas de ar (ventos) provocadas pelo aquecimento desigual na superfície da Terra. A energia eólica tem-se firmado, como uma grande alternativa na composição da matriz energética de diversos países. No Brasil, essa fonte de energia tem se mostrado uma excelente solução na busca de formas alternativas de geração de energia. É uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares. A utilização desta fonte de energia para a geração de eletricidade, em escala comercial, teve início em 1992 e, através de conhecimentos da indústria aeronáutica, os equipamentos para geração eólica evoluíram rapidamente em termos de idéias e conceitos preliminares para produtos de alta tecnologia. Atualmente, a indústria de turbinas eólicas vem acumulando crescimentos anuais acima de 30% (EÓLICA TECNOLOGIA, 2015).

**2.1.7 Energia Geotérmica:** é a energia adquirida a partir do calor do que provêm do interior da Terra. Devido à necessidade de se obter energia elétrica de uma maneira mais limpa e em quantidades cada vez maiores, foi desenvolvido um modo de usufruir esse calor para a geração de eletricidade. O vapor, de reservatórios geotérmicos fornecem a energia que alimenta os geradores de turbina e produz a eletricidade. A água geotérmica usada é depois reenviada ao reservatório através de um poço de injeção, para ser reaquecida, para assim manter a pressão, e suportar o reservatório (FRANCISCO, 2015).

**2.1.8 Energia dos Oceanos:** É a energia gerada pelas ondas que através do movimento da água que resulta da força do vento transporta energia cinética que pode ser aproveitada por dispositivos próprios para a captação dessa energia, chamada energia das ondas. Além da energia gerada pelo movimento da água que gera ondas e das quais resulta energia cinética, existe também a energia das marés que resulta da deslocação da água do mar, ou seja, com as variações de marés e ainda existe a energia térmica dos oceanos que apesar de ser menos falada não deixa de ser importante (CRUZ, 2013).

Segundo Pacheco (2006), para que estas energias renováveis possam ser utilizadas de forma sustentável, resultando no mínimo impacto ao meio ambiente, o desenvolvimento tecnológico tem permitido que, gradativamente, elas possam ser aproveitadas como combustíveis alternativos (álcool, combustíveis, etc.), na produção de calor e de eletricidade, como a energia eólica, solar, da biomassa, e de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), separadas das grandes hidrelétricas, com características renováveis, constituindo-se em fonte convencional de geração de eletricidade. Mas ainda, inúmeros desafios são encontrados para implementação destas energias no país, as quais destacam-se algumas a seguir.

## 2.2 Os desafios da energia limpa no Brasil

No cenário brasileiro atual, é crescente e constante a busca por fontes alternativas de energia que tenham produção mais limpa e pela redução das emissões de queima de combustíveis fósseis. No Brasil, até pouco tempo, 80% da energia do país era gerada pelas usinas hidrelétricas, mas em 2015 esta porcentagem baixou para 66,6%, conforme dados do Ministério de Minas e Energia (MME). Isto devido a ocorrência de seguidos períodos de estiagem, com quedas do nível dos reservatórios e atrasos em obras de usinas de grande porte como Belo Monte, Santo Antônio e Jirau (THUSWOHL, 2015).

Em, 1997, na 3ª COP (Convenção das Partes), realizada em Kyoto, no Japão, os países industrializados concordaram em reduzir em média 5% suas emissões de gases do efeito estufa (GEE), abaixo dos níveis de 1990, no período entre 2008 e 2012, o compromisso recebeu o nome de Protocolo de Kyoto. Para colaborar com o cumprimento dos compromissos de reduções, foram criados três mecanismos com base no mercado internacional: Comércio de Emissões (CE), Implementação Conjunta (IC) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (CDM Watch, 2010).

Em 1999, o Brasil foi o primeiro país a estabelecer uma Autoridade Nacional Designada (AND), segundo o Departamento de Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente, através da criação da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, composta de representantes de 11 ministérios, e tendo como presidente o ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e vice-presidente a ministra do Meio Ambiente (MMA). Um projeto brasileiro foi o primeiro registrado como MDL na Organização das Nações Unidas, sendo que o País também saiu na frente ao ter emitidas as Reduções Certificadas de Emissões no escopo de reflorestamento (MMA, 2014).

Segundo o MMA (2014), a contribuição das atividades de projeto MDL para o desenvolvimento sustentável é avaliada por meio de critérios como: contribuição para a sustentabilidade ambiental local, contribuição para o desenvolvimento de condições de trabalho e criação de emprego, contribuição à distribuição de renda, contribuição para a capacitação e o desenvolvimento tecnológico, contribuição para a integração regional e para as relações setoriais.

Ainda de acordo com o Departamento de Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente, um resultado significativo do MDL aponta que apenas cinco atividades de projetos no âmbito da produção de ácido adípico e ácido nítrico reduziram praticamente a zero todas as emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) no setor industrial brasileiro. Vinte e cinco atividades de projetos de redução de metano (CH<sub>4</sub>) em aterros sanitários, registrados no Conselho Executivo do MDL, representaram uma redução da ordem de 47% das emissões desse gás em aterros sanitários em 1994 (Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - UNFCCC, sigla em inglês).

Em 2010, o Brasil comunicou à UNFCCC o seu compromisso voluntário de reduzir as emissões entre 36,1% e 38,9% frente à projeção de emissões feita para o ano 2020. A lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, apresentou tal compromisso, instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima e ainda determinou a criação de diversos planos setoriais para mitigação e adaptação à mudança do clima. Atualmente existem em implementação nove planos setoriais: Amazônia Legal, cerrado, agricultura, energia, siderurgia, indústria, transporte e mobilidade urbana, mineração e saúde. (MMA, 2014).

Na COP 21, realizada na França, um novo acordo internacional sobre o clima foi firmado, o Acordo de Paris, aplicável a todos os países, para manter o aquecimento global abaixo dos 2°C. Em 12 de dezembro de 2015, o Brasil concordou com o Acordo de Paris, no qual incorporou a proposta conjunta do Brasil e da União Europeia de mecanismo que promove investimentos privados em projetos de redução de emissões (MDL+). No conjunto das suas decisões, também incorporou o mecanismo de REDD+, que permite o reconhecimento e o pagamento por resultados das ações de combate ao desmatamento e degradação florestal, sendo fundamental, portanto para a implementação das metas brasileiras de combate à mudança do clima (MMA, 2015).

Desta forma, é inegável que o país disponibiliza espaço e potencial para desenvolvimento e mais utilização de outras fontes de energia mais limpas, como a eólica, a solar, biomassa e nuclear.

**2.2.1 Energia Eólica:** conforme informações da Associação Mundial de Energia Eólica (WWEA) que, em relação à energia eólica, Brasil tem condições geográficas favoráveis que permitiram o terceiro maior crescimento de mercado, em 2014, ficando atrás somente da Índia e Estados Unidos. Já, segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Brasil finalizou 2014 com 4.945 megawatts de capacidade eólica instalada e em condições de comercialização, o setor saltou de 90 usinas (2013) para 195 usinas (2015), representando um aumento de 117%. Segundo o MME, a geração de energia eólica responde por 3,7% da capacidade instalada atualmente (THUSWOHL, 2015).

**2.2.2 Energia Solar:** a energia solar, segundo MME, para 2015 representou somente 0,01% da matriz energética nacional, após um aumento de 207% em relação a 2014. A capacidade instalada de captação solar é de 15 megawatts, sendo o principal gargalo para o desenvolvimento desta modalidade, a falta de tecnologia nacional para a produção de placas fotovoltaicas e seus componentes (THUSWOHL, 2015).

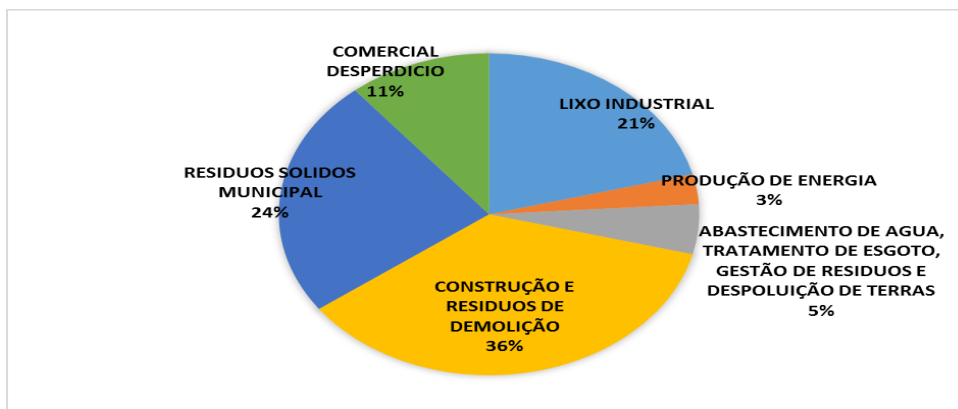
**2.2.3 Biomassa:** a produção de eletricidade a partir de biomassa, segundo o MME, no ano de 2015 foi de 9,2% na capacidade instalada nacional, próximo ao resultado do gás natural de 9,5%. O setor de biomassa oferece ainda alternativas mais sustentáveis, como o crescente número de projetos utilizando o gás metano produzido em aterros sanitários ou o processamento dos resíduos urbanos para a geração de energia elétrica (THUSWOHL, 2015).

**2.2.4 Nuclear:** o Brasil, ainda dispõe da opção de geração nuclear, com as usinas Angra 1 e Angra 2, em operação, respondendo atualmente por 1,5% da capacidade instalada nacional, conforme informa o MME. O país ainda discute a construção da usina Angra 3 e a retomada do programa nuclear que para atender a demanda futura visa aumentar a produção brasileira de urânio. Em 2015, no Congresso Internacional sobre os Avanços de Plantas de Energia Nuclear, realizado na França, a Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares ratificou uma declaração internacional que aponta a geração de energia nuclear como melhor alternativa para frear o aquecimento global. Esta declaração também foi assinada por mais 39 países, o governo brasileiro se comprometeu com a construção de 12 usinas nucleares até 2050 (THUSWOHL, 2015).

## 2.2 Resíduos Sólidos

Segundo o Relatório Anual da Associação Internacional de Resíduos Sólidos (2015), a geração de resíduos mundial é atualmente de 7 a 10 bilhões de toneladas no total. Sendo que deste total cerca de 2 milhões de toneladas são classificadas como resíduos sólidos urbanos, distribuídos da seguinte forma: 24% resíduos municipais, 11% resíduos comerciais, 36% resíduos de construção e demolição, 5% resíduos do abastecimento de água, tratamento de esgoto, remediação, 3% oriundo da produção de energia e 21% resíduos industriais (Figura 01) (ISWA, 2015).

Figura 01: Geração Global Anual de Resíduos – ISWA (2015)



Fonte: ISWA (2015)

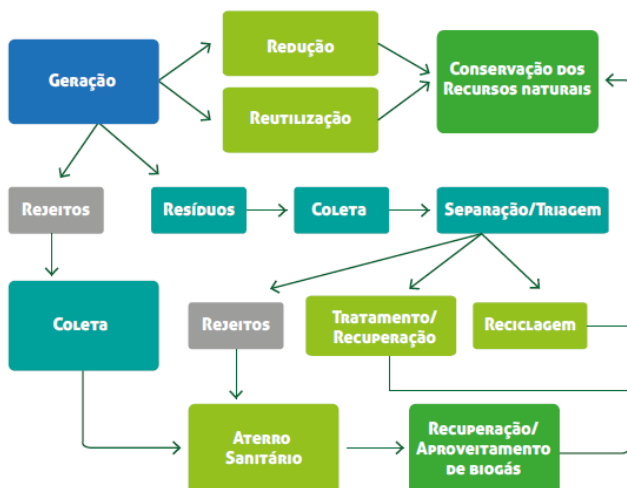
No Brasil, o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2014, revela que a massa coletada de resíduos domiciliares e públicos (RSU) pelos municípios participantes do diagnóstico, foi de 55,9 milhões de toneladas, tendo sofrido um acréscimo de 12,9% entre os anos de 2010 e 2014. E, ainda que deste montante, 52,4% são dispostos em aterros sanitários, 13,1% em aterros controlados, 12,3% em lixões e 3,9% encaminhados para unidades de triagem e compostagem, restando 18,3% sem informação, referentes principalmente aos pequenos municípios de até 30 mil habitantes. Ressalta-se que, dos 5.570 municípios brasileiros foram obtidas respostas válidas de 3.765, que correspondem à 67,7% do total de municípios do país, uma vez que estas informações são repassadas pelos municípios de forma voluntária, não é um levantamento de caráter censitário (SNIS, 2014).

Segundo o analista de infraestrutura do Ministério das Cidades, Celso Oliveira, para aumentar o uso do biogás como fonte de energia, reduzindo as emissões atmosféricas de metano liberadas em aterros sanitários, estações de tratamento de esgoto e resíduos de animais no setor agropecuário, no Brasil, foi criado o Projeto Probiogás, coordenado pelo Ministério das Cidades e pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da GIZ e KfW, com recursos do Fundo de Tecnologias Limpas do governo da Alemanha, vigente no período de 2013 à 2017. Dentre alguns exemplos resultantes do projeto, o Laboratório da Embrapa, inaugurado no Estado de Santa Catarina, as primeiras plantas de biodigestão em aterros sanitários no Estado de São Paulo, projetos com tecnologia de ponta na agroindústria (suína e vinhaça) e novos projetos de esgoto com aproveitamento energético de biogás (MARTINS et al., 2014).

Como verificado, a geração de energia através da biomassa é promissora no país, e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, (PNRS, 2010), instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010, que tem por objetivo a eficiência nos serviços e o estabelecimento de um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos, voltada para o seu aproveitamento como recurso, incentiva a geração de subprodutos da cadeia produtiva do setor (Figura 02).

Figura 02: Fluxo de Serviços de Limpeza Urbana da PNRS (2010)





Fonte: ABRELPE (2015)

Assim, a PNRS determina que os resíduos sólidos devem ser tratados e recuperados por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, antes de sua disposição final, ou seja, que estas tecnologias estejam desenvolvidas em escala, permitindo aplicação em diversos locais e considerando seu custo-benefício.

Desta forma, a Abrelpe (2015), realizou um estudo, em que apresenta as tecnologias possíveis de serem implantadas no Brasil, considerando as características econômicas, financeiras, ambientais e sociais. As tecnologias analisadas já existem em escala comercial e possuem eficácia comprovada, que justificam suas escolhas em detrimento a outras tecnologias. São analisadas, no estudo três tecnologias: a compostagem, a recuperação energética e a reciclagem. Neste caso, vamos nos deter na recuperação energética, que é aceita pela legislação brasileira, sendo prevista na Lei Federal nº 12.305/2010, em seu art. 9º, §1º, que diz que poderão ser utilizadas tecnologias visando a recuperação energética dos resíduos sólidos, desde que comprovada sua viabilidade técnica e ambiental, e que tenha um programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental competente.

Assim, o estudo apresenta duas formas de recuperação energética: o tratamento térmico (incineração) e a utilização de gás captado em aterro sanitário, para geração de energia. Os principais produtos energéticos que podem ser obtidos através do aproveitamento dos RSU são: o biogás (gerado em aterros sanitários ou na digestão anaeróbia); a eletricidade (gerada a partir do biogás ou do tratamento térmico); e o calor (produzido juntamente com a eletricidade, em processo de cogeração).

Além da geração de energia, que pode ser comercializada, o tratamento com recuperação energética traz outra vantagem, que é a redução do volume de rejeitos a serem encaminhados para disposição final, contribuindo para a diminuição de área necessária para aterros sanitários (EPE, 2014), bem como o prolongamento de sua vida útil.

Outro método disponível para fins de recuperação energética dos resíduos é a captação de biogás em aterros sanitários, para geração de energia. Nesse tipo de empreendimento há uma rede coletora dos gases gerados no processo de decomposição anaeróbia dos resíduos aterrados que os encaminha, por meio de drenos verticais e horizontais, para uma unidade de geração de energia (BNDES, 2014).

Segundo estudo do Ministério de Minas e Energia, a tecnologia de aproveitamento do biogás produzido nos aterros sanitários é o uso energético mais simples dos resíduos sólidos urbanos, uma alternativa que pode ser instalada na maioria das unidades já existentes (EPE, 2014). Por contarem obrigatoriamente com sistemas de drenagem e captação do gás, os aterros sanitários tornam-se mais atrativos para a recepção de sistemas de geração de energia elétrica (ARCADIS, 2010).

Segundo o Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos (ABRELPE, 2013b), há no Brasil 23 projetos reportados que consideram a captura e o aproveitamento energético do biogás, o que representa cerca de 50% dos projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) do país no setor de resíduos sólidos e aterros.

A maior parte dos projetos está situada na região Sudeste (16 ao todo). Estima-se que até 2018, a captura e o aproveitamento energético do biogás em aterros no Brasil possam chegar a mais de 180.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>). A média anual estimada é de 155.112 tCO<sub>2</sub> (ABRELPE, 2013b).

A utilização do biogás como combustível para geração de energia elétrica ou para conversão em combustível e calor não apenas aproveita de forma sustentável os subprodutos da disposição dos resíduos sólidos em aterros sanitários, como também evita que o gás metano nele contido seja emitido para a atmosfera (ARCADIS, 2010). Assim, defende-se que deva haver incentivos públicos para a elaboração e execução de projetos de recuperação e aproveitamento de biogás, considerando-se os benefícios que esses projetos podem trazer.

O Plano Nacional de Resíduos (Planares) prevê o aproveitamento energético do biogás gerado em aterros sanitários, além do gerado em biodigestores e em outras tecnologias a serem desenvolvidas, as quais também visam à geração de energia a partir da parcela úmida de RSU coletados.

O Plano prevê a disponibilização de recursos financeiros voltados para a realização de estudos de viabilidade técnica ambiental e econômica de sistemas de captação de gases em aterros sanitários, existentes ou novos. O Planares propõe, no geral, em todo país, que sejam recuperados 150 MW até 2023 e 300 MW até 2031 (Figura 03). Entretanto, sabe-se que esses valores podem ser maiores, dada a realidade brasileira.

Figura 03 – Metas de Tratamento e Recuperação de Gases em Aterros Sanitários (MW)

Meta	Plano de Metas				
	2015	2019	2023	2027	2031
Recuperação de gases de aterro sanitário (potencial total: 300MW)	50	100	150	200	300

Fonte: ABRELPE (2015)

Contudo, pode-se perceber o aproveitamento do biogás produzidos nos aterros sanitários como fonte energética, tem um mercado em ascensão no Brasil, uma vez que a própria PNRS (2010) incentiva a criação de aterros sanitários para disposição final, ambientalmente correta, dos rejeitos. Por isso, é relevante, a busca de estudos de caso de aplicação e sucesso desta tecnologia já implantados e em pleno funcionamento no Brapaís.

## 2.3 Estudos de Casos Brasileiros

Nesse contexto, supracitado, foram encontrados exemplos de iniciativas brasileiras, na utilização dos resíduos sólidos urbanos para a produção de energia renovável, com a utilização do biogás, conforme segue.

### 2.3.1 Estudo de Caso 01: CRVR - Minas do Leão-RS

No Estado do Rio Grande do Sul, a CRVR-Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos, atua com quatro unidades instaladas nos municípios de Giruá, Santa Maria, São

Leopoldo e Minas do Leão. Atualmente, atende aproximadamente 250 municípios gaúchos, utilizando como tecnologias: a Evaporação do Lixiviado, a Osmose e a Purificação do Biogás.

Na Evaporação do Lixiviado, que utiliza o próprio biogás produzido no aterro, o evaporador permite ao mesmo tempo a queima do metano e a otimização da capacidade de armazenamento das lagoas de tratamento de lixiviado (chorume) em aterros de pequeno porte. É, o que ocorre na unidade de Giruá, com capacidade de 2 milhões de toneladas, vida útil de 20 anos e área de 20 hectares, na unidade de Santa Maria, com capacidade de 2,5 milhões de toneladas, vida útil de 30 anos e área de 24 hectares, além das unidades de triagem e compostagem e na unidade de São Leopoldo, com capacidade de 5 milhões de toneladas, vida útil de 20 anos e área de 60 hectares para resíduos (CRVR, 2016).

Na unidade de Minas do Leão, com capacidade de 25 milhões de toneladas, vida útil de 23 anos e área de 500 hectares, dos quais 73 recebem resíduos, estão instalados uma área reservada para o aterro sanitário e uma estação de tratamento para efluentes líquidos, composta por filtros biológicos, lagoa aerada e lagoas facultativas, além de dois banhados construídos com área de 20 mil m<sup>2</sup>. Com o objetivo de reduzir os gases causadores do efeito estufa, em janeiro de 2007 o projeto de captura e queima do biogás gerado no aterro foi aprovado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e esta unidade foi autorizada a operar no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto.

Atualmente, operando com uma estrutura composta por um moderno sistema de coleta e oxidação térmica do biogás, sopradores, tanque de separação de condensado e queima controlada em flare enclausurado, que possibilita uma redução anual em torno de 170 mil toneladas de CO<sub>2</sub>. Ainda, para esta unidade foi projetada e se prepara a instalação de uma central térmica para geração de energia elétrica com capacidade de 6 MW, tendo como combustível o aproveitamento do biogás obtido da decomposição dos rejeitos depositados (CRVR, 2016)

A Osmose, trata de uma unidade compacta e móvel de tratamento de lixiviado (chorume), montada sobre um container metálico que contém todos os elementos do sistema de tratamento. Consiste de uma série de filtros em forma de cartucho, onde a filtração se dá pela passagem do efluente em areia e em filamentos de polipropileno. No processo de tratamento o efluente é desmembrado em duas partes: permeado (efluente tratado que pode ser utilizado como água de reuso, ou descartado no meio ambiente atendendo a legislação vigente) e o concentrado (efluente que vai ao aterro ou utilizado no sistema de evaporação) (CRVR, 2016).

### **2.3.2 Estudo de Caso 02: UTE - Bandeirantes-SP**

A Usina Termelétrica Bandeirantes (UTE - Bandeirantes) está juntamente instalada com a Biogás Energia Ambiental S.A, situada no Aterro Sanitário Bandeirantes no estado de São Paulo. Esta usina termelétrica tem como principal objetivo aproveitar o biogás oriundo do aterro sanitário para gerar energia elétrica e, conseqüentemente, reduzir a emissão de gases do efeito estufa prejudiciais ao meio ambiente.

O Aterro Sanitário Bandeirantes possui uma área total de aproximadamente cento e quarenta hectares. Até sua data de encerramento, março 2007, foram dispostos em torno de trinta e cinco milhões de toneladas de resíduos, sendo que, 62,5% dos resíduos sólidos gerados no município de São Paulo foram depositados no mesmo (LOGA, 2008).

O contrato de concessão da área do aterro sanitário para a exploração de biogás, realizado entre a Biogás Energia Ambiental S.A e a Prefeitura Municipal de São Paulo, visa a comercialização e produção de energia elétrica e créditos de carbono. Estimou-se no projeto que o aterro deixaria de emitir seis milhões de toneladas de carbono para a atmosfera. No ano de 2010 a potência instalada da Usina Termelétrica Bandeirantes era de 22,2 MWh, com

capacidade para abastecer uma cidade com aproximadamente 350.000 habitantes (JUSTI; MOLIETRNO, 2010).

A usina de captação de biogás tem como principais funções: a formação de pressão negativa de forma contínua para remover o biogás gerado no aterro; a remoção de contaminantes indicados prejudiciais ao biogás que será enviado a usina; registro dos dados de vazão de biogás e concentração de metano.

O processo de captação de biogás no aterro ocorre por meio de pressão negativa exercida por equipamentos chamados “sopradores”. Esses equipamentos são instalados na usina de captação e realizam a sucção do biogás a partir dos poços de captação que estão espalhados pelo aterro sanitário. A captação do biogás é feita através de um poço coletor, o qual recebe biogás proveniente de 18 poços captados. A partir do poço coletor o biogás segue por uma tubulação específica até a usina de captação (FIGUEIREDO, 2011).

### 2.3.3 Estudo de Caso 03: UTE - São João-SP

A Usina Termelétrica São João (UTE – São João) foi projetada para captar o biogás que foi produzido pelo Aterro Sanitário Sítio São João localizado no estado de São Paulo. O projeto teve como objetivo deixar de emitir 824.150 milhões de toneladas de carbono para a atmosfera e gerar 22 MWh de energia, o que seria suficiente para abastecer aproximadamente 400 mil habitantes (FIGUEIREDO, 2011).

O Aterro Sanitário de São João, desativado em 2009, recebeu aproximadamente durante sua vida útil vinte e cinco milhões de toneladas de resíduos oriundos da cidade de São Paulo. Constatou-se que nos últimos anos de sua operação recebeu aproximadamente 7,5 mil toneladas/dia de resíduos. A usina é a maior planta de geração de energia dentro do território brasileiro com capacidade de extração de metano de 20 mil Nm<sup>3</sup> por hora (CARVALHO, 2012).

A produção de energia limpa na usina viabiliza, para a prefeitura de São Paulo e para a empresa que administra, a comercialização de créditos de carbono. Para cada tonelada de carbono retirado ou não emitido na atmosfera por um país em desenvolvimento, pode ser comercializado com empresas ou governos de outros países que necessitam alcançar metas ambientais. Os resíduos sólidos depositados no aterro sofrem decomposição anaeróbica, e assim, o gás metano começa a ser produzido. Durante esse processo há o escoamento do chorume, o qual é captado por drenos verticais por ser mais denso. São retirados em média 9 litros de chorume por segundo, o qual é levado por caminhões para a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP- para ser transformado em água de reuso (FIGUEIREDO, 2011).

A usina conta com uma tubulação de 40km, distribuída entre 170 poços para extração do gás, a qual leva o metano até a usina, então o gás passa por um resfriador que retira toda sua umidade e parte de suas toxinas, as quais podem prejudicar a geração de energia e causar uma perda na quantidade de gás. Todo o gás extraído é queimado controladamente, através da ingestão de combustível ou queimado nos falares, onde se obtém a destruição do gás metano em cerca de 98%. O metano é transportado por 16 motogeradores com capacidade para girar uma turbina que alimenta uma subestação, a qual é responsável por conduzir energia elétrica para a concessionária (FIGUEIREDO, 2011).

### 2.3 Incentivos e Linhas de Financiamentos

O Brasil apresenta uma série de iniciativas e programas que incentivam eficiência energética. Dentre os principais programas estão o Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição (PEE - ANEEL), Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE),

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PRO-CEL), assim como os programas da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Existem também programas específicos para as associações e federações de indústrias como a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e a Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (ABRACE) (CEBDS,2014).

Existem no Brasil linhas exclusivas e não exclusivas de financiamento e instrumentos financeiros específicos para eficiência energética. Destacam-se, dentre as principais linhas exclusivas o ProESCO (BNDS), o Programa Pro-Hotéis gerido pela energia eficiente com recursos do IFC e Santander, e linhas de agencias como a Linha Econômica Verde da Desenvolve SP. Para linhas de recurso não exclusivo, destacam-se o Finame e Fundo Clima (BNDS). Para captação de recursos para projetos de eficiência nessas linhas, existe um montante de aproximadamente R\$ 42 bilhões (CEBDS,2014).

Apesar do País apresentar um histórico de programas relacionados a eficiência energética, assim como as linhas de financiamento especificas, quando comparamos o Brasil com outros países que representam as principais economias, verificamos que ainda existem poucas linhas de incentivo para a geração de energia através de fontes renováveis. A adoção de políticas de incentivo visa a redução da dependência do uso de combustíveis fósseis, bem como a diversificação da matriz energética local para que se alcance as metas de redução de emissões, as quais estão propostas no Protocolo de Quioto.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por todo o exposto, fica evidente que a utilização de energias limpas, também chamadas energias renováveis, encontram no Brasil um mercado em expansão e que pode vir a contribuir significativamente para a diversificação da matriz energética do país, além de incrementar o setor econômico.

Pois, segundo um estudo da Agência Internacional de Energia Renovável (Irena, na sigla em inglês), mostra que o Brasil já é o segundo país que mais cria vagas relacionadas à energia limpa, empregando 894.000 pessoas. Segundo a agência, o país que mais emprega na área de energias renováveis é a China. Pelo ranking do estudo os países com o maior número de empregos de energia renováveis foram a China, Brasil, Estados Unidos, Índia, Japão e Alemanha. E, revela ainda uma estimativa de geração de empregos no setor de energia renovável na ordem de 8,1 milhões de pessoas em todo o mundo em 2014 (excluindo grandes hidrelétricas) (IRENA, 2016).

A partir dos dados apresentados, conclui-se que ainda são necessários grandes investimentos para se atingir a universalização da destinação adequada dos resíduos sólidos no Brasil, nos próximos anos, considerando que essa adequação deve ser atingida até 2031. O estudo da Abrelpe (2015) estimou a necessidade de um investimento anual médio de cerca de R\$ 700 milhões para sistemas de gestão dos resíduos sólidos, atendendo ao previsto no Planares.

Mas, os custos também são amenizados pela possibilidade de em grande retorno, caso sejam consideradas as receitas geradas de diversas formas, a partir dos tratamentos de resíduos sólidos, como através da comercialização de materiais recicláveis, dos fertilizantes provenientes do processo de compostagem, da energia no processo de tratamento térmico e de captação do biogás em aterros sanitários. Outros fatores que devem contribuir para a otimização dos investimentos necessários, são a formação de consórcios intermunicipais e de parcerias público-privadas (PPPs). Os investimentos necessários para o tratamento de

resíduos sólidos também serão gradativamente reduzidos à medida que houver uma diminuição da geração desses, conforme preconiza a PNRS (2010). A Abrelpe (2015) estima, baseada na experiência com outros países, que serão necessários de 15 a 20 anos para reduzir, significativamente, a geração dos resíduos sólidos no Brasil.

Por outro lado, a destinação correta de resíduos sólidos deve ocasionar impactos positivos no país, como a redução nos custos com a saúde pública, oriundos da melhoria das condições ambientais, a preservação de recursos que seriam extraídos e/ou explorados pelos setores industrial e energéticos, aumento na geração de empregos e inclusão social, além da redução das emissões de metano, gás que contribui para o efeito estufa (GEE).

Portanto, apesar do grande potencial do Brasil para o avanço na utilização de novas tecnologias com fontes de energia limpa, como o aproveitamento dos gases gerados nos aterros sanitários, as iniciativas de aplicação ainda são incipientes. Faltam incentivos fiscais e linhas de financiamentos específicas para investimentos de geração de energias limpas que contribuem para a proteção do meio ambiente, a qualidade de vida da população e sustentabilidade da matriz energética do país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE-Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Estimativas dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil**. ABRELPE. São Paulo. Junho/2015. Disponível em: < [http://www.abrelpe.org.br/arquivos/pub\\_estudofinal\\_2015.pdf](http://www.abrelpe.org.br/arquivos/pub_estudofinal_2015.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2016.

ABRELPE (b)-Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais . **Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos**. ABRELPE. 2013. Disponível em: < [http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas\\_portugues\\_2013.pdf](http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas_portugues_2013.pdf)>. Acesso em 20 jun. 2016.

ARCADIS. **Estudo sobre o potencial de geração de energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso do biogás como fonte alternativa de energia renovável**. Resumo Executivo, 56p. Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. 2010. Disponível em: < [http://www.mma.gov.br/estruturas/164/publicacao/164\\_publicacao10012011033201.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2016.

BNDES-Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jaboatão dos Guararapes, PE: Grupo de resíduos sólidos – UFPE, 2014. Disponível em: < [http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2016-02/eap-1\\_4-parte-3.pdf](http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2016-02/eap-1_4-parte-3.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e aplicações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Departamento de engenharia Elétrica. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

CARVALHO C, **Infraestrutura Urbana**. Disponível em:< <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/17/artigo262877-3.aspx>> Acesso em 18 de junho de 2016.

CRVR- Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos. Unidade Minas do Leão. Disponível em: <<http://www.crvr.com.br/UnidadeMinasLeao.html>>. Acesso em: 22, abr. 2016.

CIBIOGÁS. Centro Internacional de Energias Renováveis–Biogás. **O Biogás**. Disponível em: <<https://cibiogas.org/biogas>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

CRUZ, Renato. **A energia do oceano**. O Estadão, São Paulo, 2013.

CURSINO, João Neto. **A estruturação e conformação do investimento na geração de energia por meio hidráulico: uma contribuição ao estudo das variáveis influentes no retorno**. 2007. 163 f. Dissertação de Mestrado. Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado, São Paulo, 2007.

EÓLICA TECNOLOGIA. **Eólicas alcançam 7 GW de capacidade instalada no Brasil**. Brasil Energia - 07/08/2015. Disponível em: <http://portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/3755-e%C3%B3licas-alcan%C3%A7am-7-gw-de-capacidade-instalada-no-brasil.html>. Acesso em: 18 abr. 2016.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. Nota Técnica DEA 18/14. **Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Série Recursos Energéticos. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro. Out/2014. Disponível em: <<http://goo.gl/TkC1dv>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização do Biogás de Aterro Sanitário para a Geração de Energia Elétrica – Estudo de Caso**. 2011. 148p. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

FRANCISCO, Wagner De Cerqueira E. **Energia Geotérmica. 2015**. Brasil Escola. Disponível em <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-geotermica-1.htm>. Acesso em: 16 mai. 2016.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: metas possíveis**. Desafios do desenvolvimento. Ano 12. n. 86. p. 23-28. 2015. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/desafios/images/stories/ed86/pdfs/160328\\_revista\\_desafios\\_86.pdf](http://www.ipea.gov.br/desafios/images/stories/ed86/pdfs/160328_revista_desafios_86.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2016.

IRENA-International Renewable Energy Agency. **Renewable Energy and Jobs**. Annual Review 2016. Disponível em: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Jobs\\_Annual\\_Review\\_2016.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf)>. Acesso em 20 jun. 2016.

ISWA-International Solid Waste Association. **ISWA REPORT 2015 - Promoting sustainable waste management worldwide**. 2015. Disponível em: <[http://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Publications/ISWA\\_Reports/ISWAreport2015\\_webred.pdf](http://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Publications/ISWA_Reports/ISWAreport2015_webred.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2016.

JUSTI, J. G., MOLIETRNO, M. **Geração de Energia Elétrica por Meio de Biogás Extraído do Aterro Sanitário Bandeirantes e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo como Indutor de Investimentos Socioambientais**. IEE-USP. São Paulo: 2010.

LIMA, Ana Karina Castro Lima; BERNSTEIN, Any; VALLE, Tatiana Freitas. **Aproveitamento energético do biogás a partir de resíduos sólidos**. Educação Pública. CeCiERJ. ISSN: 1984-6290. Rio de Janeiro, 2015.

MARTINS, Fátima. BITTELBRUN, Gabrielle. PASSOS, Mauro. SCHEIDT, Paula. RÜTHER, Ricardo. **Avanços e desafios das Energias Renováveis em 2014-Resumo das palestras do Seminário Energia+Limpa: Conhecimento, Sustentabilidade e Integração**. Disponível em: [http://institutoideal.org/wp-content/uploads/2014/02/LIVRO-SEMINARIO\\_final\\_web.pdf](http://institutoideal.org/wp-content/uploads/2014/02/LIVRO-SEMINARIO_final_web.pdf) >. Acesso em: 26 mar. 2016.

MMA-Ministério do Meio Ambiente. **Entenda como funciona o Mecanismo Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Portal Brasil. Publicado em 30/05/2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/05/entenda-como-funciona-o-mecanismo-de-desenvolvimento-limpo-mdl>. Acesso em: 21 jun. 2016.

MMA-Ministério do Meio Ambiente. **Dilma celebra novo acordo global sobre o clima**. Portal Brasil. Publicada em 13/12/2015. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meioambiente/2015/12/dilma-celebra-novo-acordo-global-sobre-o-clima>. Acesso em: 21 jun. 2016.

MORAES, Flávia. **Para IPCC, renováveis são saída para aquecimento global**. Maio, 2011. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/noticias/25014paraipccrenovaveissasaidaparaaquecimentoglobal> >. Acessado em: 28 mar. 2016.

OLIVEIRA, Kallenya Thays L. L; GOMES, Ricardo Avelino. **Contribuições da recuperação do biogás de aterro sanitário: uma análise para Goiânia**. Conjuntura Econômica Goiana, Goiânia, Goiás, p. 24-34, 12 dez. 2009. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/pub/conj/conj12/artigo03.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2016.

PACHECO, Fabiana. **Energias Renováveis: breves conceitos. C & P - Conjuntura e Planejamento**. Salvador: SEI, n.149, p.4-11, Outubro/2006. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/pub/conj/conj12/artigo03.pdf>> . Acesso em: 22 abr. 2016.

PIRES, Adriano. **A expansão da energia térmica solar**. Plurale, São Paulo, 2010.

REGIS, Rodrigo **Perspectivas 2016 - Biogás - Consolidar é o Desafio**. Canal Jornal da Bioenergia. Goiânia/GO. Ano 10. p. 27. Jan/Fev. 2016. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/wp-content/uploads/2016/02/CANAL-109.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

REN. Renewable Energy Policy Network. **Renewables 2010 – Global Status Report**. 80 p. Paris, 2010.

SI-PERNAMBUCO, **Secretaria de Infraestrutura**, Governo do Estado de Pernambuco. Termosolar. 2010. Disponível em: <[http://www.srhe.pe.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=281&Itemid=100](http://www.srhe.pe.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=281&Itemid=100)>. Acesso em: 24 abr. 2016.



SNIS, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014.** – Brasília: MCIDADES. SNSA, 2015. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2014>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

THE NEW YORK TIMES. **A Renewable Energy Boom.** Publicado em 09/04/2016. Disponível em: < <http://goo.gl/SRzjyP>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

THUSWOHL, Maurício. **Os desafios da energia limpa.** Revista do Brasil. Número 110. SET/2015. Disponível em: <<http://www.redebrasilatual.com.br/revistas/110/o-desafio-da-energia-limpa-5523.html>>. Acesso em 26 mar. 2016.

UCZAI, Pedro. **Energias renováveis: riqueza sustentável ao alcance da sociedade.** Relator: Pedro Uczai; equipe técnica: Wagner Marques Tavares (coord.), Alberto Pinheiro de Queiroz Filho [recurso eletrônico]. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 273 p. (Série cadernos de altos estudos; n. 10). Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/a-camara/altosestudos/pdf/energias-renovaveis-riqueza-sustentavel-ao-alcance-da-sociedade>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Destravando o Financiamento a Eficiência Energética no Brasil,** 2014. 36p. Rio de Janeiro. RJ.