



ANALISE TÉCNICA, ECONÔMICA E FINANCEIRA DA RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ESTUDO DE CASO PARA A CIDADE DE CAMPINAS – SP

Pedro Drumond Junior⁽¹⁾, Joaquim Eugenio Abel Seabra ⁽²⁾

RESUMO

Este trabalho abrange a geração de energia por fontes renováveis e também o gerenciamento sustentável de resíduos urbanos. A pesquisa faz uma avaliação econômica e financeira para instalação uma central de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos (RSU) na cidade de Campinas – SP. Foram avaliadas 2 rotas tecnológicas após a reciclagem: Biodigestão de resíduos orgânicos (RO) e incineração dos resíduos não aproveitados. Os parâmetros utilizados foram oriundos de pesquisa bibliográfica, consultas a empresas que atuam no setor e especialmente fornecedores de sistemas. O cenário base foi montado pela aplicação dos planos municipais de saneamento e de gerenciamento de resíduos, ambos desenvolvidos pelo município entre 2011 e 2013. O foco do estudo foi a geração de eletricidade e sua comercialização através da integração na rede local de distribuição, aplicando-se a filosofia de geração distribuída, com proximidade aos centros consumidores e demais benefícios já consagrados. Para a análise econômica, os indicadores utilizados foram o Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), após a determinação da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) mais viável ao caso em estudo. A partir destes resultados foram realizadas análises de sensibilidade com alteração das principais variáveis de projeto. Os resultados mostram viabilidade econômica para grande parte dos cenários e simulações, evidenciando os fatores críticos de sucesso e qual o foco de trabalho de acordo com a situação esperada.

Palavras-chave: Recuperação energética, biomassa, resíduos, eletricidade

TECHNICAL, ECONOMICAL AND FINANCIAL ANALYSIS OF ENERGY RECOVERY FROM MUNICIPAL SOLID WASTE - CASE STUDY FOR CAMPINAS - SP

Pedro Drumond Junior (1), Joaquim Eugenio Abel Seabra (2)

SUMMARY

This paper covers the generation of energy from renewable sources and the sustainable management of municipal waste. The research is an economic and financial evaluation for municipal solid waste energy recovery plant in the city of Campinas - SP. Two technological routes were analyzed after recycling: anaerobic digestion (organics) and incineration (waste-to-energy). All parameters came from

⁽¹⁾ Engenheiro Eletricista e Aluno de mestrado do curso de Planejamento de Sistemas Energéticos da Faculdade de Eng. Mecânica da UNICAMP pedro.drumond@uol.com.br ⁽²⁾ Professor do Departamento de Energia da FEM UNICAMP jseabra@fem.unicamp.br

literature research and consultation to companies and especially equipment suppliers. The base scenario was set by the application of municipal plans of sanitation and waste management, developed by the municipality between 2011 and 2013. The focus was the generation of electricity and integration into the local distribution grid, applying the philosophy of distributed generation, with proximity to consumer centers and other benefits already established. For the economic analysis, the indicators used were the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), after selected the minimum acceptable Rate of Return (MARR) viable to the case study. From these results were performed sensitivity analyzes by modification of main design variables. The results showed economic viability for most scenarios and simulations, showing the critical success factors and what should be the focus of work, according to the expected situation.

Key-words: Energy Recovery, waste to energy, biomass, waste, electricity

INTRODUÇÃO

Em 2012, entrou em vigor a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos, conjunto de leis e obrigações com destaque para as metas e planos relacionados à gestão dos resíduos gerados nos municípios. Já para o ano de 2014 estava prevista a eliminação de todos os vazadouros a céu aberto, também conhecidos como lixões (PNRS, 2012). Os modelos adotados ainda estão distantes das melhores soluções disponíveis. Como exemplo, tem se tornado mais comum a queima do gás gerado nos aterros, técnica que traz benefícios ambientais pois o CH₄ tem um potencial de aquecimento global 21 vezes superior que o CO₂ resultante da combustão. Porém, com a queda nos preços do mercado de carbono, praticamente não há retorno econômico. (EPA, 2014).

Os países europeus, Estados Unidos e Japão trabalham com recuperação energética de resíduos urbanos há muitas décadas, sendo que no Brasil existem ainda poucos casos implementados, especialmente ligados ao aproveitamento de resíduos industriais ou áreas rurais particulares, onde os custos com destinação são mais expressivos. Campinas – SP é um grande centro industrial do país, com população de 1.154.617 de habitantes no ano de 2014 (IBGE, 2015) e atualmente destina seus RSU para um aterro controlado privado na cidade de Paulínia, após esgotamento de seus recursos municipais.

OBJETIVOS

Realização de análise de viabilidade técnica, econômica e financeira para projeto de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos na cidade de Campinas - SP, como foco na geração de eletricidade para a rede interligada de distribuição. Para a fração orgânica a tecnologia selecionada foi a digestão anaeróbia com produção de biogás e consequente queima em motogeradores. A rota aplicada para os resíduos não aproveitados na Biodigestão e reciclagem foi a incineração, através da filosofia “mass burning” com queima em grelha fixa e geração de vapor.

METODOLOGIA

Para a determinação da disponibilidade de resíduos e composição gravimétrica, foram utilizados o Plano de Saneamento Municipal (PMSB, 2013) e também a Política de Gerenciamento Integrado de Resíduos (PGIRS, 2012). Estes documentos seguem a filosofia da PNRS e apresentam as metas para a cidade de Campinas. Na sequência, foram selecionados os resíduos com potencial de aproveitamento energético: orgânicos do CEASA (400 ton. mensais), folhas e galhos do sistema de coleta municipal, varrição pública e todos os resíduos domiciliares. Aplicando-se as metas de coleta seletiva, reciclagem e triagem, foi definido o cenário a longo prazo. A coleta municipal movimenta um montante de cerca de 1.300 ton. de material diariamente, sendo 80% domiciliar e 20% de limpeza de vias públicas. Por último, são coletadas 1.000 ton. mensalmente originadas de galhos e folhas, acrescentando a fração orgânica. (PMSB 2013).

Para a definição das rotas tecnológicas, a pesquisa nacional de projetos de recuperação energética em funcionamento mostrou que a melhor alternativa para os RO é a Biodigestão e geração de biogás, através da digestão anaeróbia. No Brasil existem plantas em operação em menor escala. A referência utilizada foi um sistema que está sendo implementado na cidade de Piracicaba, fornecido pela empresa alemã KUTTNER, que já dispõe de fábrica em MG e apresentou uma proposta técnica comercial para o cenário estabelecido deste trabalho. Os resíduos não aproveitados pela reciclagem e não orgânicos serão encaminhados para a queima em grelhas fixas, em um sistema conhecido como WTE (waste to energy). A primeira unidade nacional está sendo construída em Barueri pela empresa FOX AMBIENTAL, utilizando a tecnologia de uma empresa Belga com sistema de limpeza dos gases da combustão e capacidade de 20 MW elétricos. (RIMA 2012)

As estimativas de investimento na construção das plantas para o cenário de Campinas, consideram informações das empresas envolvidas nos projetos e prováveis ganhos em escala. Para a planta de Biodigestão, o sistema denominado KOMPOGAS produz 130 m³ de Biogás (média de 60% de CH₄) para cada tonelada de RO processado. A capacidade considerada é de 270 ton. diárias, resultando em 3MW de potência elétrica instalada, com 20% da eletricidade gerada para o consumo interno e 80% para exportação. A proposta da KUTTNER estimou em R\$ 141 milhões o total para o investimento, incluindo módulo de separação inicial, reatores, geradores de eletricidade, subestação elétrica, obras civis e montagem eletromecânica. Para a central de incineração, a capacidade estipulada foi de 650 ton. diárias, sendo o correspondente valor de investimento calculado em R\$ 235 milhões, considerando também todas as fases do processo e o sistema de limpeza de gases que comprovadamente garante a emissão de poluentes a níveis seguros e dentro dos padrões da legislação. A carga elétrica é de 20 MW, sendo apenas 12% destinada à operação.

Para a análise de viabilidade econômica e financeira, os indicadores utilizados foram Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). A Taxa mínima de atratividade foi definida em 16%, sendo que a SELIC estava em torno de 12% no período de realização dos cálculos. Foram também consideradas 2 possibilidades de enquadramento contábil para cálculo dos impostos e consequente fluxo de caixa. A opção de "Lucro Presumido" é mais rentável que o "Lucro Real" porém tem limitações referentes ao ramo da empresa e especialmente ao nível de faturamento máximo previsto de R\$ 72 milhões anuais. (PORTAL, 2015). Neste trabalho os resultados apresentados referem-se à opção de Lucro Presumido. Em seguida foi desenvolvida uma análise de sensibilidade para os parâmetros mais importantes. A taxa de coleta, importante receita das empresas que atuam no ramo de limpeza e

gerenciamento de resíduos, é paga pela prefeitura, sendo o principal ponto de negociação dos contratos. Por esse motivo, uma sensibilidade individual, mantendo-se a TMA, foi realizada com a finalidade de verificação dos limites mínimos para os quais o projeto seria viável. As capacidades utilizadas para a análise econômica e financeira são menores que a disponibilidade total de resíduos prevista no cenário. Dessa forma, a verificação dos resultados fica otimizada e há diminuição de riscos relacionados ao tamanho do projeto. A tabela 1 mostra os parâmetros econômicos e financeiros utilizados e suas referências.

Tabela 1 – Parâmetros econômicos e financeiros

ITEM	VALOR	FONTE
Alavancagem	80%	BNDES, Leiloes 2014
Juros de empréstimo	7% ao ano	CPFL Renováveis 2014
Carência	6 meses	BNDES, Leiloes 2014
Taxa de desconto	16%	Hipótese
Base para IR / Aliquota	8% / 25%	receita.gov.br
Base para CSLL / Aliquota	12% / 9%	receita.gov.br
Pis e Cofins	3.65%	receita.gov.br
Taxa de coleta de Resíduos	R\$ 80,00 / ton.	Hipótese
Valor de venda da eletricidade	R\$ 257,28	CCEE, ANEEL, BRACEL

RESULTADOS

A receita obtida com a tecnologia da Digestão Anaeróbia é, basicamente, composta de 25% com venda de eletricidade, 40% com adubos e fertilizantes e 35% da taxa de RSU. Como resultado desta divisão, com menor representatividade da venda de eletricidade, o custo médio por unidade de capacidade elétrica instalada é alto, girando em torno de R\$ 12.000,00 para cada kW. A sensibilidade da TIR é maior em relação à taxa de gerenciamento de RSU. Os resultados mostram ainda que, para cada 1% de variação na taxa de juros, há necessidade de acréscimo de R\$ 1,54 na taxa de RSU para manter o projeto viável economicamente. O cenário pessimista em relação aos juros, com acréscimo de 40% (ou total de 9,8% a.a.) exigem taxa de RSU de R\$135,00, valor acima da média praticada no país. Um foco de trabalho para os investidores, que pode gerar bons resultados, pode ser a redução do montante de investimento inicial. O valor utilizado como referência foi obtido por consulta da única empresa encontrada com disponibilidade nacional de sistemas de grande porte. Porém, a cotação é orientativa e considera um cenário pessimista, ou seja, uma negociação real deve trazer reduções significativas. Além disso, a modalidade de contrato prevista é de regime “turn Key”, onde 100% do fornecimento está contratado da mesma empresa. Dividir o projeto e contratar mais fornecedores aumenta o risco de gerenciamento e integração mas reduz bastante os custos finais, haja visto que em cada subcontratação são esperadas margens de lucro e risco embutidas. Pelos resultados, mantendo-se o cenário base para juros e preço de venda de eletricidade, uma redução de 20% no investimento inicial resulta em uma taxa de RSU de R\$ 67,00, valor abaixo da prática de mercado do setor.

Para a incineração, o cenário base resultou em VPL positivo na ordem de R\$ 47 milhões com TIR de 28,6%, evidenciando a viabilidade econômica da solução. Mesmo com taxa de juros de 9,8% a TIR está acima de 20%, o mesmo ocorrendo para acréscimo de 20% no valor do investimento inicial. Tal fato pode ser justificado pelo alto Poder Calorífico (PCI) dos RSU destinados à queima (média de 2.400 kcal/kg, sendo que RO estão na ordem de 1.300). A simulação com PCI médio de 1.310 kcal/kg (ou queima apenas de orgânicos) resultou em 9,7% de TIR e VPL negativo. Para este cenário, seria necessária taxa de RSU de R\$ 107,00 para

manter a atratividade econômica. Como conclusão, para uma central de incineração, é mais vantajoso separar o máximo possível de resíduos orgânicos e realizar outro tratamento nesta parcela, havendo assim economia na escala da planta e consequente maior produtividade na geração de eletricidade.

A venda de eletricidade é a principal fonte de receita da incineração, representando cerca de 70% para o cenário base. Assim, a sensibilidade da TIR em relação a mudanças nessa variável é grande. A estratégia definida inicialmente é venda de 30% no mercado livre ACL e 70% no mercado regulado ACR, a preços de R\$ 196,11 e R\$ 400,00 por MWh respectivamente. Sabe-se que enquanto maior a parcela negociada no ACL maiores são as chances de aumento de lucratividade e da mesma forma maiores são os riscos assumidos. O custo médio por unidade de capacidade elétrica encontrado foi de R\$ 12.000,00 / kWh, mais de 4 vezes menor que a Biodigestão. Os resultados mostram ainda que, para acréscimo em 25% no preço básico de venda de R\$ 257,28 (atingindo R\$ 321,60), as receitas com a venda de energia elétrica conseguem viabilizar o empreendimento sem a necessidade de recebimento de taxa de coleta de RSU. Na mesma linha de raciocínio, uma redução nos investimentos iniciais de 20% resulta em necessidade de taxa de RSU de R\$ 7,00, mantendo a TMA esperada de 16%.

Figura 1 – Sensibilidade da taxa de RSU para Biodigestao

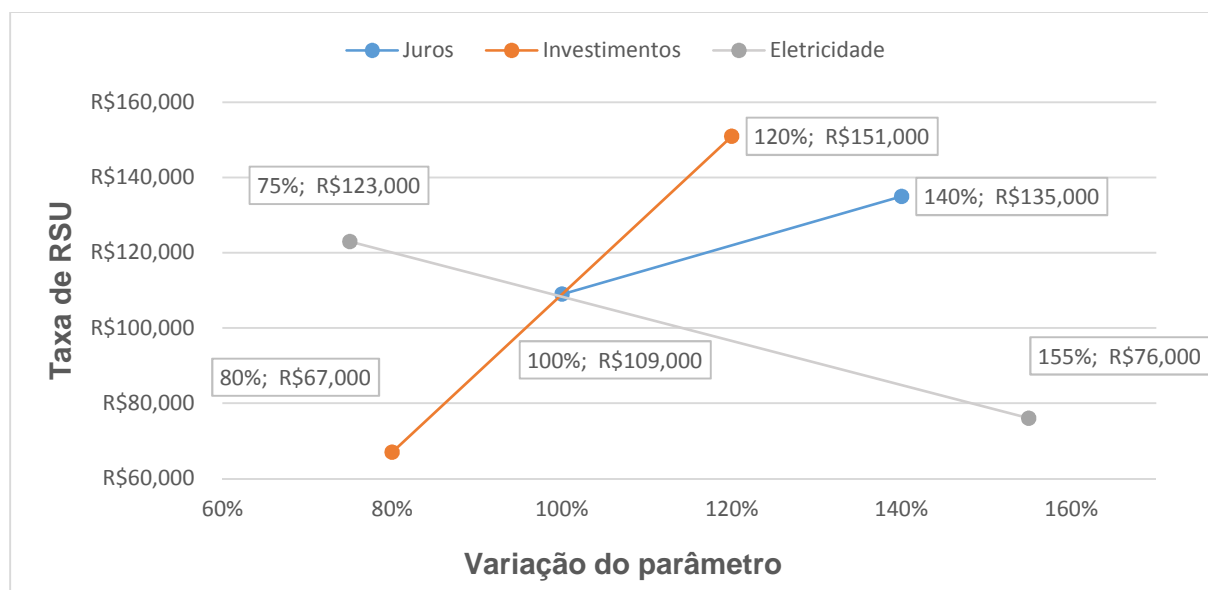
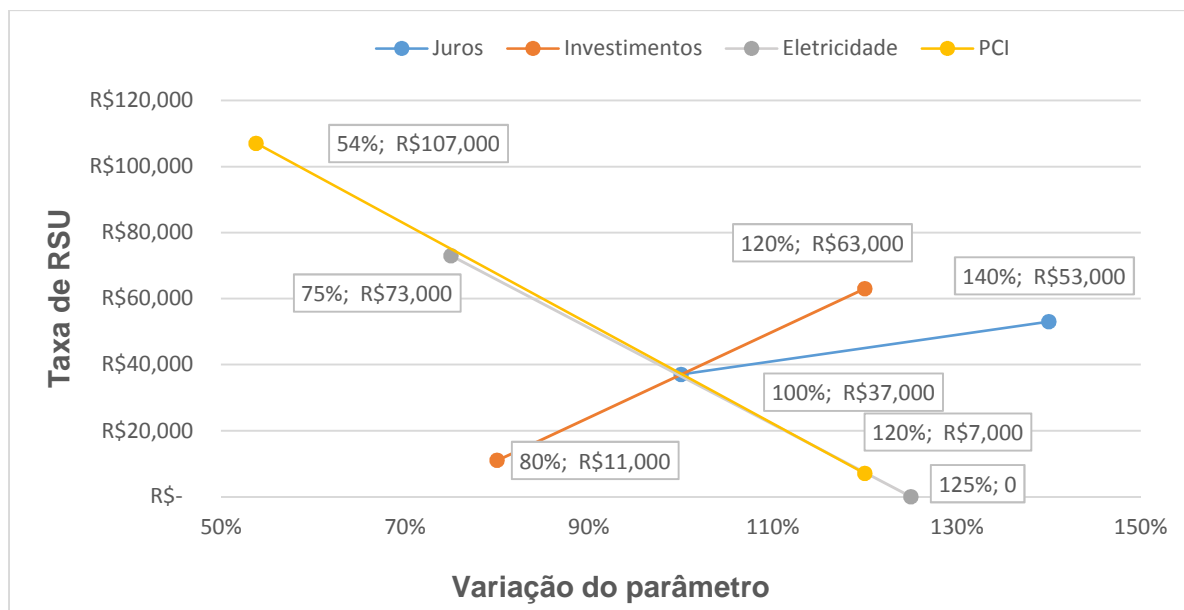


Figura 2 - Sensibilidade da taxa de RSU para Incineração



CONCLUSÕES

A partir dos resultados, principalmente análise de sensibilidade da taxa de RSU em relação a variações nos parâmetros, foi possível perceber que existe viabilidade técnica e econômica para grande parte dos cenários. No entanto, são necessárias análises criteriosas, desenvolvimento de cenários realistas especialmente em relação à composição dos resíduos, custos, receitas e legislação. A rota tecnológica da incineração apresenta melhores resultados, sendo que a rentabilidade aumenta à medida que a parcela de orgânicos incinerada é menor, ou seja, queima de material com maior PCI. Além disso, a receita originada pela venda de eletricidade é no mínimo 2 vezes mais representativa em comparação com a Biodigestão. Como resultado, foi possível verificar que a venda de substratos orgânicos sólidos e líquidos (adubos e fertilizantes) mostrou-se uma variável muito importante, merecendo destaque nas estratégias comerciais dos investidores neste tipo de tecnologia.

Em relação às estratégias de trabalho para desenvolvimento dos cenários, foi possível perceber que é viável direcionar os esforços para os parâmetros com resultados de maiores impactos. O estudo de viabilidade econômica mostrou que a taxa de juros de empréstimo, valor de investimento inicial, preço de venda de eletricidade, poder calorífico, gravimetria e taxa de RSU são os fatores críticos para sucesso nestes tipos de projetos. Porém, além da definição do foco de trabalho, conclui-se também que é importante analisar outras opções tecnológicas, o que pode trazer benefícios como a melhoria dos cenários, especialmente em relação à geração de biogás, geração de eletricidade, receitas esperadas e montante para investimento inicial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. 2015. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/232TL>>. Acesso em: 23 abril. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Agosto de 2012.

EPA. United States Environmental Protection Agency. Overview of greenhouse gases. Disponível em: <<http://epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/ch4>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

PMSB. Prefeitura Municipal de Campinas. Plano Municipal de Saneamento Básico. Produto 2 Prognósticos, objetivos e metas. 2013.

PGIRS. Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria Municipal de Infraestrutura. Departamento de Limpeza Urbana. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Agosto 2012.

PORTAL. Portal Tributário. Lucro Real, Presumido e Simples. Disponível em <http://www.portaltributario.com.br/noticias/lucroreal_presumido>. Acesso em 15 jan. 2015.

RIMA. Projeto URE de Barueri. Tratamento Térmico de Resíduos Sólidos Urbanos para Geração de Energia. Relatório de Impacto ambiental. Julho 2012.