



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
PÓS GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS COM ÊNFASE EM
SUSTENTABILIDADE

GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
POSSIBILIDADE DE RECEITA PARA AS COOPERATIVAS DE ELETRICIDADE

Florianópolis
2017

EDER C. SILVEIRA SOBRINHO

**GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
POSSIBILIDADE DE RECEITA PARA AS COOPERATIVAS DE ELETRICIDADE**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação,
Especialização em Energias Renováveis com Ênfase
em Sustentabilidade da Universidade do Sul de Santa
Catarina, como requisito parcial à obtenção do título
de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Juliano Anderson Pacheco, Dr.

Florianópolis

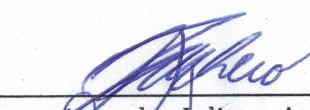
2017

EDER C. SILVEIRA SOBRINHO

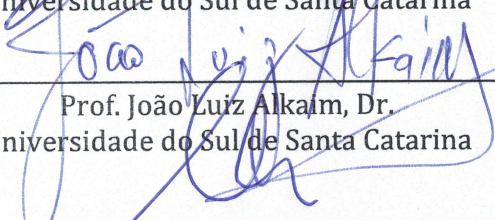
**GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
POSSIBILIDADE DE RECEITA PARA AS COOPERATIVAS DE ELETRICIDADE**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação,
Especialização em Energias Renováveis com Ênfase
em Sustentabilidade da Universidade do Sul de Santa
Catarina, como requisito parcial à obtenção do título
de Especialista em Energias Renováveis.

Florianópolis, 25 de agosto de 2017.



Professor e orientador Juliano Anderson Pacheco, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. João Luiz Alkaim, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Cesare Quintero Pica, Dr.
Fundação CERTI

A meu filho Enzo, por ser este ser humano
iluminado e o motivo da minha inspiração e
força.

Ofereço e Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir;

Ao meu orientador Prof. Dr. Juliano Anderson Pacheco, pela orientação profissional e pessoal;

Ao Prof. Dr. João Luiz Alkaim, pelo incentivo e motivação durante o curso;

Ao Presidente da Cooperativa CERPALO, Nilso Pedro Pereira, pelo apoio, investimento e incentivo;

Ao meu amigo Candido Freire, pelo apoio e experiência repassados;

A meus amigos e familiares, em especial a meu Pai por sempre me incentivar a estudar.

E a todos que contribuíram para que esse trabalho acontecesse.

Muito obrigado!

“Não tentes ser bem-sucedido, tenta antes ser um homem de valor”

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho aborda a possibilidade da implantação de uma planta de Pirólise/Gaseificação, visando a conversão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em energia elétrica, com o objetivo de geração complementar de receita, a fim de minimizar os impactos que afetarão as cooperativas de eletricidade quando da perda de subsídios na compra de energia. As discussões e estudos acerca das Energias Renováveis, também têm ênfase em Sustentabilidade, e o intuito deste trabalho é na viabilidade econômica, abordando também o aspecto ambiental, desde a geração, coleta e separação de RSU, o processo de pirólise e seus subprodutos obtidos, a gaseificação, processo pelo qual obtemos o gás de síntese utilizado para a geração de energia elétrica de uma usina de 4 MW. Os resultados obtidos permitiram estimar a viabilidade econômica do empreendimento, bem como notarmos a potencialidade da geração de energia através de RSU.

Palavras-chave: Cooperativa de Energia Elétrica. Resíduos Sólidos Urbanos. Geração de Energia.

ABSTRACT

The present work deals with the possibility of the implementation of a Pyrolysis / Gasification plant, aiming at the conversion of Urban Solid Waste (USW) into electric energy, with the objective of supplementary revenue generation, in order to minimize the impacts that will affect the cooperatives of the loss of subsidies in the purchase of energy. The discussions and studies about Renewable Energies, also have an emphasis on Sustainability, and the purpose of this work is the economic viability, also addressing the environmental aspect, from the generation, collection and separation of USW, the pyrolysis process and its by-products obtained, gasification, the process by which we obtain the synthesis gas used to generate electricity from a 4 MW plant. The results obtained allowed to estimate the economic viability of the project, as well as to notice the potential of the generation of energy through USW.

Keywords: Electric Power Cooperative. Urban Solid Waste. Power Generation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Descontos concedidos às cooperativas para compras no Subgrupo A	19
Figura 2 – Geração de RSU no Brasil.....	37
Figura 3 – Coleta de RSU no Brasil	38
Figura 4 - Participação das regiões do País no total de RSU coletados	39
Figura 5 – Geração de RSU na região Sul	39
Figura 6 - Coleta de RSU na região Sul	40
Figura 7 – Reator Pirolítico	46
Figura 8 – Subprodutos	47
Figura 9 - Fluxograma da Unidade de Tratamento	50
Figura 10 - Área de coleta de RSU.....	56
Gráfico 1 – Disposição final de RSU na região SUL	40
Gráfico 2 – Disposição Final de RSU no Estado de Santa Catarina	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios de atuação das cooperativas	22
Tabela 2 – Resultados da 1ª Revisão Tarifária Ordinária das Cooperativas	24
Tabela 3 – Resultados dos processos tarifários de 2016	26
Tabela 4 – Cenário em 2016 com a retirada dos descontos na TE e TUSD	30
Tabela 5 – Quantidade de RSU coletado por região e Brasil	38
Tabela 6 – Geração e Coleta de RSU no Estado de Santa Catarina	41
Tabela 7 – Comparativos entre tecnologias	43
Tabela 8 – Investimentos	52
Tabela 9 – Valores de Suprimento	54
Tabela 10 – Tarifas de Aplicação da Supridora de Energia	54
Tabela 11 – Compra de Energia	55
Tabela 12 – Investimentos caso CERPALO	57
Tabela 13 – Economia na inserção de 2 MW	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2 OBJETIVO GERAL	14
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	14
1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA	15
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 COOPERATIVAS DE ELETRIFICAÇÃO	17
2.1 HISTÓRICO DA ELETRIFICAÇÃO EM SANTA CATARINA	17
2.2 REGULARIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS COMO PERMISSIONÁRIAS	20
2.3 PROCESSO TARIFÁRIO	23
2.4 UM CENÁRIO FUTURO PARA AS PERMISSIONÁRIAS	28
3 RESÍDUOS SÓLIDOS	32
3.1 DEFINIÇÃO	32
3.2 CLASSIFICAÇÃO	33
3.3 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	35
3.3.1 PRODUÇÃO	35
3.3.2 COMPOSIÇÃO	35
3.3.3 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO NO BRASIL	36
3.3.3.1 GERAÇÃO DE RSU NO BRASIL	37
3.3.3.2 COLETA DE RSU NO BRASIL	38
3.3.4 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO NA REGIÃO SUL	39
3.3.5 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO EM SANTA CATARINA	41
4 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO	42
4.1 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RSU	42
4.2 TECNOLOGIA UTILIZADA PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA	43
4.3 PIRÓLISE	44
4.3.1 PROCESSOS DA PIRÓLISE	46
4.4 GASEIFICAÇÃO	47

4.4.1 GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	49
4.5 FLUXOGRAMA DA UNIDADE DE TRATAMENTO	50
5 ESTUDO DE CASO	51
5.1 VIABILIDADE ECONÔMICA	51
5.2 O PROBLEMA DA COOPERATIVA	53
5.2.1 DADOS DA COOPERATIVA	53
5.3 ADAPTAÇÃO AO CASO CERPALO	55
5.3.1 REDIMENSIONANDO OS INVESTIMENTOS	56
6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e econômico, junto com o desenvolvimento tecnológico, nos leva a uma constante evolução. Ao mesmo tempo que altera nossos hábitos e modo de vida, criando altos níveis de consumo, fazendo com que geramos cada vez mais resíduos sólidos urbanos (RSU).

O grande volume de lixo produzido pela população e a falta de gerenciamento destes resíduos é um dos problemas mais relevantes para a sociedade contemporânea. No Brasil, definiu-se políticas públicas para essa problemática, com a criação da Lei 12.305/10, denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esta lei dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Além do problema da disposição final dos RSU, temos um outro grave problema, que é o aumento da demanda de energia elétrica, proveniente principalmente do aumento populacional e das atividades industriais. Para suprir este aumento de demanda energética precisamos aumentar proporcionalmente a geração de energia elétrica. Neste contexto, apresenta-se um modelo tecnológico para a produção de energia elétrica através do método Pirólise, utilizando RSU em uma Usina Termelétrica, ou seja, vamos gerar energia elétrica a partir de lixo.

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

Com a retirada de subsídios pelo governo nas compras de energia elétrica para as cooperativas de eletrificação, estas sofrerão um impacto com o aumento nas suas tarifas de energia. Para minimizar o impacto destas perdas vamos propor a inserção de uma usina de geração de energia elétrica a partir de RSU para que possamos ter um acréscimo de receita, que compense ao menos parte destas perdas compulsórias.

1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade da geração de energia elétrica a partir de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) para o incremento de renda das cooperativas de eletricidade.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender o modelo cooperativista de eletrificação, realizando uma previsão futura;
- Entender o processo de geração de energia elétrica a partir de RSU;
- Identificar os dados e variáveis necessários para uma modelagem financeira comparando as tarifas de energia antes e depois da inserção de uma usina de geração de energia elétrica a partir de RSU;
- Por fim, fazer um estudo da viabilidade econômica de todo o processo.

1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O modelo atual do setor elétrico brasileiro vem se reestruturando a fim de fornecer incentivos aos agentes privados e públicos para que se consiga manter uma capacidade de geração e com isso garantir o fornecimento de energia a tarifas moderadas.

No entanto, o Decreto nº 6.160 de 20 de julho de 2007 que estabeleceu o enquadramento das cooperativas de eletrificação rural como permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica, fornecendo descontos na Tarifa de Energia para a compra de energia, também mencionou que os descontos vigentes na data de assinatura do contrato de permissão, seria reduzido a partir da segunda Revisão Tarifária Periódica (RTP), a cada ano e para cada permissionária, a razão de vinte e cinco

por cento ao ano (25% a.a.), até sua extinção. Isto pode provocar um desequilíbrio financeiro no resultado entre receita e despesa, motivo este que nos levou a verificar se a inserção de uma usina de geração de energia a partir de RSU pode contribuir para minimizar o impacto destas perdas.

Uma abordagem para a diminuição deste impacto do provável desequilíbrio financeiro seria gerar parte da energia distribuída. Uma vez que pode se ter Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) suficiente para a geração desta energia e ao mesmo tempo colaborar com o meio ambiente e a sustentabilidade dando um melhor destino ao lixo, entende-se ser muito interessante realizar este estudo e verificar a sua viabilidade.

1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho foi desenvolvido em etapas que permitam atingir os objetivos propostos.

A primeira etapa foi realizada a partir de pesquisa documental com o objetivo de embasar os temas sobre cooperativas, RSU, pirólise, termelétricas, entre outros temas pertinentes ao estudo.

A segunda etapa baseou-se na coleta de dados em campo junto a prefeituras e órgãos responsáveis pela coleta do lixo dos municípios atendidos pela cooperativa utilizada para o estudo de caso.

Por fim, a terceira e última etapa consiste em um estudo de caso utilizando os dados coletados e teorias pertinentes para analisar a viabilidade de incremento de receita via a implantação de uma usina de RSU.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo abordará a geração de energia a partir de RSU para complemento de receita da Cooperativa de Eletricidade de Paulo Lopes (CERPALO) em Santa Catarina.

Os 12.000 (doze mil) consumidores da cooperativa, que serão foco do estudo, estão distribuídos nos municípios de Paulo Lopes, Imbituba, Garopaba e Imaruá.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é constituído de seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta o problema que nos levou ao tema, os objetivos, a justificativa, a metodologia e a delimitação do trabalho.

O segundo capítulo apresenta um histórico das cooperativas de eletrificação, abordando a regularização das cooperativas como permissionárias de energia, o processo tarifário regulatório e a previsão de um cenário futuro para as cooperativas levando em conta a perda de subsídios.

No terceiro capítulo explanaremos sobre Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Como nosso tema propõe a geração de energia a partir de RSU, temos que ter definidos os conceitos bem como o panorama do setor a fim de utilizarmos estes dados para o estudo de caso no quinto capítulo.

O capítulo quatro apresenta a referência teórica e os conceitos de geração de energia a partir de RSU. Neste capítulo vamos mostrar que o aproveitamento energético disponível nos resíduos contribui para o enfrentamento mundial do acúmulo crescente de RSU e suas formas de disposição final, além de favorecer a geração de energia de maneira sustentável.

O quinto capítulo expõe o Estudo de Caso (EC) referente ao problema, utilizando os dados das cooperativas do capítulo 2, os dados levantados no capítulo 3 sobre RSU, a base teórica sobre geração de energia a partir de RSU e mais um conjunto teórico que trouxe os principais conceitos utilizados na modelagem financeira e econômica.

Enfim, no sexto e último capítulo serão apresentadas as conclusões obtidas do EC e as considerações finais sobre a verificação da viabilidade econômica.

2 COOPERATIVAS DE ELETRIFICAÇÃO

2.1 HISTÓRICO DA ELETRIFICAÇÃO EM SANTA CATARINA

Até a metade da década de 1950 a distribuição de energia elétrica nos municípios do interior era realizada por empresas pertencentes a Prefeituras e pela iniciativa privada, e neste caso, devido ao baixo retorno financeiro, o atendimento a área rural se limitava a poucas propriedades próximas às cidades. Em regiões mais distantes o atendimento praticamente inexistia, a não ser em casos isolados em que agricultores se reuniram e criaram as primeiras cooperativas de eletrificação rural, e sem expansão significativa por muitos anos.

Em 09 de dezembro de 1955 foi criada a Centrais Elétricas de Santa Catarina – CELESC com a atribuição de planejar, construir e explorar o sistema de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica do estado de Santa Catarina, operando diretamente ou através de subsidiárias ou empresas associadas. Em 04 de agosto de 1956 ocorreu a efetiva instalação da empresa. Em 1957 a Celesc atendia apenas 16 municípios, incluindo cidades como Florianópolis, Jaraguá do Sul, Joinville e Mafra.

Em 1961 a Celesc assumiu o papel de *holding* e começou a incorporar, gradativamente, o patrimônio das antigas empresas regionais, processo que foi concluído em dezembro de 1963. Em 1962, a Celesc atendia 39 cidades e cerca de 87 mil consumidores. Em 1965 alcançou a marca de 100 mil consumidores.

A implantação da primeira cooperativa no estado de Santa Catarina foi em 27 de janeiro de 1959, no então distrito de Forquilha, com 60 associados, a Cooperativa de Eletrificação Rural de Forquilha – CERFOL. A partir de 21 de julho de 1985 passou a ser denominada Cooperativa Mista Pioneira - COOPERA.

Como a Celesc não possuía recursos para realizar a eletrificação rural, no começo da década de 60 foi criada a primeira entidade governamental encarregada da eletrificação rural, a Companhia Estadual de Energia Elétrica – CEEE.

Em 30 de novembro de 1964 foi publicada a Lei nº 4.504, que dispôs sobre o Estatuto da Terra, criou meios de financiamentos e órgãos específicos para a Reforma Agrária, e entre as diretrizes para o desenvolvimento constavam a eletrificação rural e realização de obras de infraestrutura.

Em 15 de janeiro de 1973, através da Lei nº 4.824 o governo do estado de Santa Catarina constituiu uma sociedade anônima de economia mista, a Eletrificação Rural de Santa Catarina S.A. – ERUSC, vinculada à Secretaria de Serviços Públicos, com o objetivo de promover e explorar a eletrificação rural no estado. No artigo 2º constou que o estado consignaria anualmente recursos destinados ao aumento do capital da ERUSC, e que a qualquer tempo, se conveniente, o capital subscrito pelo estado poderia ser transferido para a Celesc. A ERUSC foi efetivamente constituída em abril de 1975.

Em 25 de novembro de 1973, em virtude da união das cooperativas e a crescente necessidade de se organizarem e de interagirem com as empresas públicas, ERUSC, concessionárias e agentes financeiros, foi criada a Federação das Cooperativas de Eletrificação Rural de Santa Catarina – FECOERUSC.

No final de 1974 a Celesc atendia 300 mil consumidores, e em 1980 atendia 500 mil consumidores.

A história da eletrificação rural na Celesc começou efetivamente em 1977, com a implantação do seu primeiro programa de atendimento às famílias camponesas. Vários programas se sucederam ao primeiro: Comunitário Rural, Equivalência de Grãos, PRONI, Viva Luz, Luz no Campo, que juntos viabilizaram a construção de mais de mil quilômetros de redes, beneficiando mil famílias em 30 anos.

A grande expansão da eletrificação rural em Santa Catarina, se deu na 2ª metade da década de 70 e início dos anos 80. O objetivo maior foi o atendimento social, não levando em consideração a viabilidade econômica e operacional, com reflexos no baixo consumo de energia, quer pela distribuição geográfica, quer pela inexistência de hábitos de consumo de energia e pelo próprio estágio sócio cultural da população.

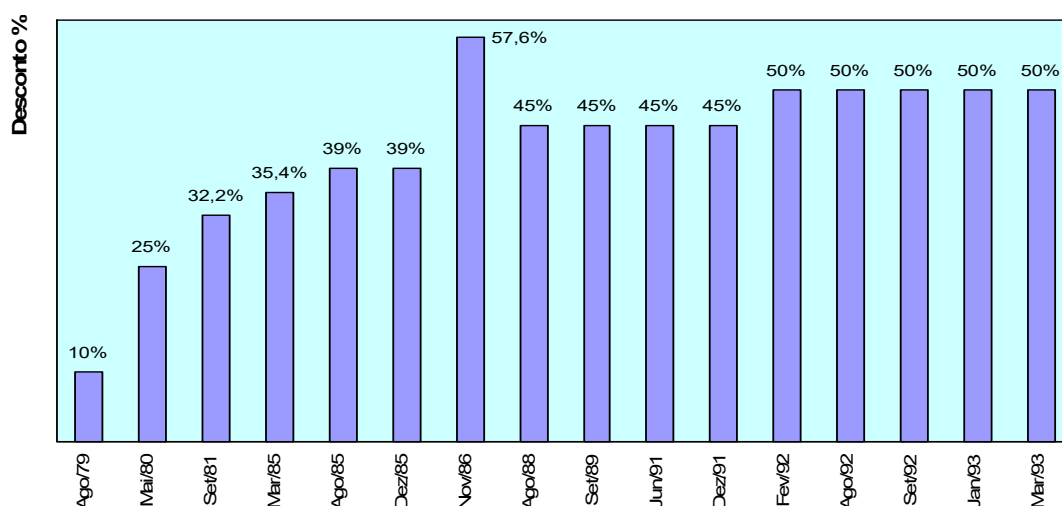
As Cooperativas pagaram um alto preço, tendo que praticar rateio de custos que resultaram em preços de venda de energia superiores às tarifas de fornecimento cobradas pela Celesc, em decorrência de manter sistemas elétricos sem a mínima viabilidade econômica.

Com isto, muitas cooperativas não querendo onerar ainda mais os seus cooperados, que já tinham contribuído na implantação das redes, optaram por transferir

parte dos sistemas elétricos para a Celesc, que praticava uma tarifa com subsídios, à classe rural. Das 39 cooperativas existentes transferiu-se 17 (44%), com aproximadamente 16,5 mil quilômetros de redes e 50 mil usuários.

Conforme mostrado na Figura 1, a partir de agosto de 1979 as cooperativas passaram a ter descontos na compra de energia de suas supridoras. Esses descontos tinham o objetivo de fazer com que os preços de venda das cooperativas ficassem o mais próximo possível das tarifas de suas concessionárias supridoras. Historicamente até a regularização das cooperativas como permissionárias em 2008 e 2010, os descontos na compra e transporte de energia eram em torno de 50%. (Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016)

Figura 1 – Descontos concedidos às cooperativas para compras no Subgrupo A



Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016

Em 28 de fevereiro de 1985, através da Lei Complementar nº 284 foi criada a Agência Reguladora de Serviços Públicos de Santa Catarina – AGESC, uma autarquia com a finalidade de regular e fiscalizar os serviços públicos de eletricidade, gás natural, transportes e saneamento básico no estado de Santa Catarina.

Em 1987 a Celesc incorporou a ERUSC e seus ativos, e acelerou o processo de incorporação de cooperativas de eletrificação rural em 1989 a Celesc atendia um milhão

de consumidores. (Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016)

2.2 REGULARIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS COMO PERMISSIONÁRIAS

Em 07 de julho de 1995, o Artigo 23 da Lei nº 9.074 estabeleceu “O poder concedente diligenciará no sentido de enquadrar as cooperativas de eletrificação rural como permissionárias de serviço público de energia elétrica.”

O inciso XI, do artigo 3º da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, com nova redação contida no artigo 9º da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004 menciona que a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) deve “estabelecer tarifas para o suprimento de energia elétrica realizado às concessionárias e permissionárias de distribuição, inclusive às Cooperativas de Eletrificação Rural enquadradas como permissionárias, cujos mercados próprios sejam inferiores a 500 (quinhentos) GWh/ano, e tarifas de fornecimento às Cooperativas autorizadas, considerando parâmetros técnicos, econômicos, operacionais e a estrutura dos mercados atendidos;”

Em 11 de novembro de 1999, através da Resolução ANEEL nº 319 é transferida para a Cooperaliança – Cooperativa Mista Aliança, a concessão outorgada à Sociedade Força e Luz Içarense Ltda., objeto do Decreto nº 39.061, de 18 de abril de 1956.

Em 11 de janeiro de 2002 a Aneel emitiu a Resolução nº 12 que estabeleceu as condições gerais para a regularização de cooperativas de eletrificação rural, nos termos do art. 23 da Lei 9.074/95.

Em 09 de outubro de 2003, o Decreto nº 4.855 excluiu as cooperativas do realinhamento tarifário, e as tarifas de compra passaram a ser definidas com base na estrutura tarifária de 2002 das concessionárias supridoras.

Em 2004 a Celesc atendia dois milhões de consumidores.

Em 28 de fevereiro de 2005, o Decreto nº 5.381 estabeleceu “A Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel deverá até 28 de fevereiro de 2006, efetuar avaliação econômico-financeira das cooperativas de eletrificação rural, bem como

definir seus respectivos enquadramentos jurídicos, conforme estabelecido no Art. 23 da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. ”

Em 22 de dezembro de 2005, a Aneel emitiu a Resolução Normativa nº 205, que estabeleceu os procedimentos e as condições gerais para o enquadramento de cooperativas de eletrificação rural como permissionária de serviço público de distribuição de energia elétrica, bem como para operação de instalações de distribuição de energia elétrica de uso privativo, em área rural, mais conhecida como metodologia do SINCOOR (Sistema de Informações de Mercado das Cooperativas de Eletrificação Rural a Serem Regularizadas como Permissionárias), e aprovou o modelo de Contrato de Permissão. Também nessa data foi emitida a Resolução Normativa nº 206 que estabeleceu as condições gerais para a contratação do suprimento de energia elétrica pelas concessionárias ou permissionárias de serviço público de distribuição do Sistema Interligado Nacional-SIN, com mercado próprio inferior a 500 GWh/ano, conforme disposições do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.

Em 2006, atendendo a legislação do setor elétrico nacional, a Celesc foi estruturada como holding, com duas subsidiárias integrais, a Celesc Geração S.A. e a Celesc Distribuição S.A.

O Decreto nº 6.160, de 20 de julho de 2007 estabeleceu que “O enquadramento da cooperativa de eletrificação rural, como permissionária de serviço público de distribuição de energia elétrica, será implementado nos termos estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, na forma deste Decreto. ” As cooperativas que não se qualificassem como permissionárias poderiam ser enquadradas como autorizadas. No Art. 52 - §2º constou “O desconto mencionado no § 1º, vigente na data de assinatura do contrato de permissão, será reduzido a partir da segunda Revisão Tarifária Periódica (RTP), a cada ano e para cada permissionária, à razão de vinte e cinco por cento ao ano, até a sua extinção, de modo a estimular o incentivo à eficiência. ” No caso da cooperativa objeto do estudo, CERPALO – Cooperativa de Eletricidade de Paulo Lopes, a segunda RTP foi em setembro de 2016, o que já incidiu a retirada de 25% do desconto nos subsídios.

Em 2008 a Aneel regularizou 26 cooperativas como permissionárias distribuidoras de energia elétrica, das quais 12 são do estado de Santa Catarina: Cooperativa de Eletricidade Jacinto Machado - CEJAMA, Cooperativa de Infraestrutura e Desenvolvimento Vale do Araçá - CERAÇÁ, Cooperativa de Eletrificação Rural de

Anitápolis - CERAL ANITÁPOLIS, Cooperativa de Eletrificação de Braço do Norte - CERBRANORTE, Cooperativa de Prestação de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica Senador Esteves Junior - CEREJ, Cooperativa de Eletrificação Rural Anita Garibaldi - CERGAL, Cooperativa de Eletricidade de Gravatal - CERGRAL, Cooperativa de Eletricidade de Paulo Lopes - CERPALO, Cooperativa de Distribuição de Energia - CERSUL, Cooperativa Pioneira de Eletrificação - COOPERA, Cooperativa Eletrificação Lauro Müller - COOPERMILA e Cooperativa Regional Sul de Eletrificação Rural - COORSEL.

Em 2010 a Aneel regularizou 12 cooperativas como permissionárias distribuidoras de energia elétrica, das quais 5 são do estado de Santa Catarina: Cooperativa de Eletricidade Praia Grande - CEPRAG, Cooperativa de Eletricidade Grão-Pará - CERGAPA, Cooperativa de Energia Treviso - CERTREL, Cooperativa Fumacense de Eletricidade - CERMOFUL e Cooperativa Energética Cocal - COOPERCOCAL. Ficaram faltando 14 cooperativas para serem regularizadas como permissionárias, das quais 4 são do estado de Santa Catarina: Cooperativa de Eletricidade de São Ludgero - CEGERO, Cooperzem Cooperativa de Distribuição de Energia Elétrica - COOPERZEM, Cooperativa de Eletrificação Rural de Salto Donner - CERSAD e Cooperativa de Energia Elétrica Santa Maria - CEESAM. Ver a relação de municípios que possuem área de atuação de cooperativas na tabela 1. (Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016)

Tabela 1 – Municípios de atuação das cooperativas

Item	Cooperativa	Municípios Atendidos
1	CEGERO	Braço do Norte, Orleans, Pedras Grandes, São Ludgero e Tubarão
2	CEJAMA	Jacinto Machado
3	CEBRANORTE	Braço do Norte, Rio da Fortuna, Gravatal, Armazém, Santa Rosa de Lima e Grão-Pará.
4	CERGAL	Tubarão, Jaguaruna, Laguna e Gravatal
5	CERGAPA	Braço do Norte, Grão Pará, Rio Fortuna, Armazém, São Martinho e São Bonifácio
6	CERMOFUL	Urussanga, Pedras Grandes, Cocal do Sul, Morro da Fumaça,

		Criciúma e Içara
7	CERSUL	Turvo, Meleiro, Ermo, Morro Grande, Timbé do Sul, Araranguá, Maracajá, Nova Veneza, Sombrio, Jacinto Machado e Forquilha
8	CERTREL	Treviso, Urussanga, Siderópolis, Cocal do Sul, Lauro Muller, Criciúma e Nova Veneza.
9	COOPERA	Santa Cruz, Forquilha, Nova Veneza e Criciúma
10	COOPERALIANÇA	Içara, Jaguaruna, Araranguá e Rincão
11	COOPERCOCAL	Cocal do Sul, Urussanga, Orleans, Lauro Muller, Pedras Grandes, Morro da Fumaça, Criciúma, Siderópolis e Treviso
12	COOPERMILA	Lauro Muller, Orleans e Urussanga
13	COORSEL	Armazém, Jaguaruna, Linha Pacheco, Orleans, Pedras Grandes, Sangão, Treze de Maio e Urussanga
14	CEESAM	Benedito Novo
15	CEPRAG	Praia Grande, Praia de Torres e São João do Sul
16	CERAL	Anitápolis e Santa Rosa de Lima
17	CEREJ	Águas Mornas, Angelina, Antônio Carlos, Biguaçu, Canelinha, Governador Celso Ramos, Leoberto Leal, Major Gercino, Nova Trento, Palhoça, Rancho Queimado, Santo Amaro da Imperatriz, São José, São Pedro de Alcântara e Tijucas
18	CERGRAL	Jaguaruna, Laguna e Tubarão
19	CERSAD	Ascurra, Benedito Novo, Dr. Pedrinho e Rodeio
20	COOPERZEM	Armazém, São Bonifácio e São Martino
21	CERAÇÁ	Saudades, Tigrinhos, Sul Brasil, Cunhataí, Pinhalzinho e Nova Erechim.
22**	CERPALO	Paulo Lopes, Garopaba, Imbituba e Imaruí

** Cooperativa objetivo do estudo.

Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016

2.3 PROCESSO TARIFÁRIO

Na regularização das 38 cooperativas como permissionárias em 2008 e 2010, a Aneel definiu as tarifas iniciais de fornecimento tendo como limite superior 20% acima das tarifas da concessionária supridora, e também estabeleceu descontos idênticos para as tarifas de compra de energia elétrica TE – Tarifa de Energia e TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição. Para as cooperativas do estado de Santa Catarina os descontos

concedidos na TE e TUSD foram os que constam na Tabela 2, na coluna “% Desconto na TE”.

Em 05 de março de 2013, através da Resolução Normativa Aneel nº 537 foram aprovados os Submódulos 8.1 – Revisão Tarifária Periódica, 8.3 – Estrutura Tarifária e 10.3 - Revisões Tarifárias de Permissionárias, dos Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET, os quais definiram conceitos gerais, as metodologias aplicáveis, procedimentos gerais aplicados ao processo de definição da estrutura tarifária e a organização geral e os prazos para a execução dos processos relativos ao Primeiro Ciclo de Revisões Tarifárias Periódicas das cooperativas permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica (1CRTP-P).

Na tabela 2 são mostrados alguns resultados da 1ª revisão tarifária periódica das cooperativas permissionárias do estado de Santa Catarina, com a aplicação do Submódulo 8.1 do PRORET. Para as cooperativas 1 a 12 a data-base da 1ª revisão era 28 de setembro de 2012, para as cooperativas 13 a 15 a data-base era 28 de setembro de 2013, e para as cooperativas 16 e 17 a data-base era 28 de setembro de 2014.

Tabela 2 – Resultados da 1ª Revisão Tarifária Ordinária das Cooperativas.

Item	Cooperativa	Número de Unidades Consumidoras	Quilômetros de Redes (km)	Energia Fornecida (MWh)	Parcela A VPA (R\$)	% Desconto na TE	% Desconto na TUSD	Parcela B da Revisão VPB*(1-Pm) (R\$)	Custos Operacionais (R\$)	Ativo Imobilizado em Serviço (R\$)	Tarifa Econômica B1 Residencial (R\$/MWh)
1	CEJAMA	4.573	610,54	28.804	4.314.025,23	53,43%	14,99%	3.889.083,39	2.747.853,12	15.383.825,06	315,33
2	CERAÇA	9.338	1.888,20	57.278	6.489.215,76	89,51%	0,00%	8.360.594,69	5.427.339,52	46.300.225,01	276,66
3	CERAL ANITAPOLIS	2.679	642,29	7.371	702.720,82	90,61%	70,00%	2.137.031,46	1.682.519,62	11.621.943,48	357,49
4	CERBRANORTE	14.046	1.095,37	103.336	17.642.794,41	47,58%	22,71%	9.699.626,36	7.424.259,95	38.025.536,34	299,21
5	CEREJ	10.205	2.010,04	27.897	1.635.737,50	89,47%	70,00%	7.744.389,93	5.870.718,35	43.064.035,90	356,68
6	CERGAL	14.802	498,16	57.247	8.054.389,44	72,46%	0,00%	8.403.815,19	7.073.369,68	19.726.497,97	314,19
7	CERGRAL	4.920	373,06	19.554	2.243.273,12	78,33%	20,39%	3.710.534,48	2.869.418,06	11.539.718,36	312,75
8	CERPALO	9.288	570,61	201.796	3.625.637,42	89,98%	2,46%	6.722.509,15	5.076.154,74	20.603.667,05	313,96
9	CERSUL	15.374	2.204,87	123.780	8.658.133,45	83,05%	0,00%	14.010.488,49	8.466.436,03	69.674.753,39	203,74
10	COOPERA	19.335	1.622,24	201.796	17.589.465,03	77,00%	2,46%	20.855.519,52	9.690.120,60	51.899.549,79	207,63
11	COOPERMILA	1.027	250,01	11.708	2.044.135,59	53,67%	0,00%	1.077.411,27	623.711,32	5.942.508,37	302,99
12	COORSEL	6.817	1.230,09	38.634	4.196.654,16	88,67%	0,00%	6.144.774,67	4.069.178,58	27.988.863,55	300,19
13	CEPRAG	12.499	1.003,81	38.562	3.073.028,56	56,39%	70,00%	8.736.104,59	7.145.909,98	27.723.145,25	384,84
14	CERGAPA	3.265	576,06	24.754	2.326.405,14	76,51%	0,00%	3.177.340,53	2.144.458,91	16.418.798,96	310,42
15	CERTREL	3.602	441,38	37.139	2.916.361,01	91,21%	0,00%	5.763.340,17	2.325.077,50	12.245.338,05	295,60
16	CERMOFUL	11.451	772,41	112.274	15.602.866,74	71,03%	0,00%	13.812.380,35	6.960.784,32	31.413.208,19	297,58
17	COOPERCOCAL	9.641	659,51	56.123	6.265.673,92	74,30%	0,00%	8.079.182,75	5.985.152,32	29.474.837,05	272,95
18	Total Santa Catarina	152.862,00	16.448,64	1.148.054	109.725.543,62	74,49%	12,34%	132.324.127,00	85.582.461,71	479.046.451,77	
19	Total Permissionárias	425.765,00	74.887,73	2.650.904	299.849.326,13	69,15%	21,23%	379.684.511,37	221.530.439,05	2.067.144.745,73	
20	Participação SC (18)/(19)	35,9%	22,0%	43,3%	36,6%			34,9%	38,6%	23,2%	

Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016

Em 22 de março de 2016, através da Resolução Normativa nº 704 foi aprovado o Submódulo 8.4 – Reajuste e Revisão Tarifária Periódica, e revisados os Submódulos 8.1 – Revisão Tarifária Periódica, 8.2 – Reajuste Tarifário Anual e 8.3 – Estrutura Tarifária, do Proret, que definem as regras de reajuste e revisão tarifária das cooperativas permissionárias. Para a definição do valor de Parcela B (Custos Operacionais) a ser considerada na 2ª revisão tarifária ordinária foram estabelecidas duas alternativas, a do Submódulo 8.1 – Revisão Tarifária Periódica – versão 2.0 e a do Submódulo 8.4 – Reajuste e Revisão Tarifária Periódica - versão 1.0, sendo que as cooperativas poderiam fazer a opção pela segunda até 120 dias após a publicação da Resolução Normativa nº 704. Do total de 38 cooperativas, 31 optaram pela metodologia do Submódulo 8.4, inclusive todas as cooperativas permissionárias do estado de Santa Catarina, o que inclui a cooperativa objeto do estudo.

De acordo com a metodologia estabelecida no Submódulo 8.4, a cooperativa deve propor um valor de Parcela B limitado a um valor teto, que é calculado mediante atualização do valor de Parcela B definido pela Aneel no reajuste tarifário de 2015, atualizado pela variação no período do IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, e corrigido pela variação do mercado de baixa tensão (MWh).

Na tabela 3 para as cooperativas 1 a 12 são mostrados alguns resultados da 2ª revisão tarifária ordinária das cooperativas permissionárias do estado de Santa Catarina, e para as cooperativas 13 a 17 os resultados são de reajuste tarifário, todos realizados no ano de 2016.

Tabela 3 – Resultados dos processos tarifários de 2016

Item	Cooperativa	Número de Unidades Consumidoras	Energia Fornecida (MWh)	Parcela A (R\$)	Desconto na TE (%)	Desconto na TUSD (%)	Parcela B (R\$)	Custos Operacionais (R\$)	Tarifa Econômica B1 - Residencial (R\$/MWh) (Celesc=434,91R\$/MWh)	Relação Tarifa Econômica B1 - Residencial Cooperativa/Celesc (%)
1	CEJAMA	4.885	30.875	7.467.568,70	40,07%	14,99%	5.650.000,00	4.000.000,00	516,72	119%
2	CERAÇA	10.714	73.308	14.713.883,62	67,13%	0,00%	12.600.000,00	6.091.918,49	417,55	96%
3	CERAL ANITAPOLIS	3.091	8.910	1.099.220,11	67,96%	70,00%	3.691.075,74	3.300.000,00	542,70	125%
4	CERBRANORTE	15.942	125.789	29.904.930,06	35,68%	22,71%	18.184.355,14	10.769.815,77	434,89	100%
5	CEREJ	12.406	37.701	5.846.238,13	67,11%	70,00%	11.200.000,00	5.923.135,22	496,78	114%
6	CERGAL	16.932	63.177	14.994.319,58	54,35%	0,00%	12.585.070,00	10.494.026,89	463,04	106%
7	CERGRAL	5.648	23.605	4.900.138,10	58,75%	20,39%	5.150.000,00	3.930.235,42	459,01	106%
8	CERPALO	11.515	43.732	8.809.165,56	67,49%	2,46%	11.506.808,44	8.309.650,62	511,82	118%
9	CERSUL	16.633	144.259	27.266.381,30	55,42%	0,00%	18.000.000,00	11.050.000,00	359,25	83%
10	COOPERMILA	1.150	13.062	3.363.695,10	40,25%	0,00%	1.640.000,00	1.352.120,00	445,23	102%
11	COORSEL	7.658	43.092	8.435.837,36	66,50%	0,00%	11.500.000,00	7.337.867,00	503,72	116%
12	CERPRAG	13.657	40.188	8.251.519,02	56,27%	70,00%	13.365.610,89	10.375.428,45	530,35	122%
13	CERGAPA	3.618	25.571	4.996.192,00	69,83%	0,00%	5.600.000,00	3.944.487,74	428,82	99%
14	CERTREL	3.929	42.586	5.699.974,24	88,71%	0,00%	9.550.000,00	6.344.543,86	390,28	90%
15	CERMOFUL	13.205	109.007	17.692.623,36	71,03%	0,00%	18.950.650,00	15.693.000,00	377,18	87%
16	COOPERCOCAL	10.114	69.676	11.404.685,43	64,70%	0,00%	12.171.000,00	8.628.477,96	345,61	79%
17	COOPERALIANÇA	35.754	162.897	60.066.725,78	0,00%	0,00%	17.905.029,43	10.944.864,19	527,20	121%
18	Total P&D Cooperativas Santa Catarina	186.851	1.057.434	234.913.097,45			189.249.599,63	128.489.571,61		
19	Total Permissonárias+Cooperaliança	510.211	3.037.003	571.167.095,24			599.614.586,04	377.362.393,12		
20	Participação P&D Coop SC (18)/(19)	37%	35%	41%			32%	34%		

Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016

Em 17 de novembro de 2016 foi sancionada a Lei nº 13.360, decorrente da Medida Provisória nº 735, que estabeleceu esta nova redação para o artigo 9º da Lei nº 9.427:

“Art. 9º A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, passa a vigorar com as seguintes alterações:

“Art. 3º

XI – estabelecer tarifas para o suprimento de energia elétrica realizado às concessionárias e às permissionárias de distribuição, inclusive às cooperativas de eletrificação rural enquadradas como permissionárias, cujos mercados próprios sejam inferiores a 700 GWh/ano, e tarifas de fornecimento às cooperativas autorizadas, considerando parâmetros técnicos, econômicos, operacionais e a estrutura dos mercados atendidos;

§1º

§ 2º No exercício da competência prevista no inciso XI, a ANEEL deverá definir o valor da subvenção prevista no inciso XIII do art. 13 da Lei nº

10.438, de 26 de abril de 2002, a ser recebida por cooperativas de eletrificação rural, concessionárias ou permissionárias, para compensar a reduzida densidade de carga de seu mercado, quando for o caso.

§ 3º A subvenção a que se refere o § 4º será calculada pela ANEEL a cada revisão tarifária ordinária da principal concessionária de distribuição supridora da cooperativa de eletrificação rural, concessionária ou permissionária, devendo o valor encontrado ser atualizado pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, ou outro que o substituir, nos processos subsequentes de reajuste tarifário.

§ 4º A subvenção será igual ao valor adicional de receita requerida que precisaria ser concedido à principal concessionária de distribuição supridora, caso os ativos, mercado e consumidores da cooperativa de eletrificação rural, concessionária ou permissionária, fizessem parte de sua concessão.

§ 5º O disposto neste artigo aplica-se a partir do processo tarifário da cooperativa de eletrificação rural, concessionária ou permissionária, que suceder a revisão tarifária ordinária da principal concessionária supridora, mesmo que esta tenha ocorrido nos anos de 2015 ou 2016, sempre com efeitos prospectivos, nos termos da regulação da ANEEL.

§ 6º A partir da definição da subvenção de que trata o § 4º, os descontos concedidos às cooperativas de eletrificação rural, concessionárias ou permissionárias, nas tarifas de uso dos sistemas de distribuição e transmissão e nas tarifas de energia serão reduzidos até a sua extinção, sendo a redução por processo tarifário de que trata o §5º limitada pelo efeito médio final do processo tarifário, máximo de 20% (vinte por cento).

§ 7º No exercício da competência prevista no inciso XI, a Aneel deverá, para efeito de definição da subvenção de que trata o § 4º e dos descontos nas tarifas de uso dos sistemas de distribuição e transmissão e nas tarifas de energia, considerar o mercado limitado a 500 GWh/ano para as cooperativas de eletrificação rural cujos mercados próprios sejam superiores a 500 GWh/ano. (NR)

2.4 UM CENÁRIO FUTURO PARA AS PERMISSIONÁRIAS

Para justificar o estudo para a inserção ou não de uma usina de energia elétrica, a fim de obtermos um complemento de receita que minimize o impacto da retirada dos descontos nas tarifas de energia para as permissionárias, temos que fazer uma previsão de futuro que demonstre os pontos prós e contra que possam interferir na continuidade das permissionárias.

As cooperativas não terão a continuidade ameaçada enquanto:

- Respeitar a legislação vigente, principalmente a cooperativista e a do setor elétrico, e estar sempre alerta sobre alterações previstas para o futuro;
- Praticar tarifas de fornecimento próximas da concessionária supridora, se possível inferiores;
- Possuir índice de satisfação dos consumidores, índices de continuidade e índices de qualidade melhores que os da concessionária supridora;
- Poder de motivar o desenvolvimento da região de sua área de atuação;
- As aspirações políticas de seus dirigentes e proximidade de eleições não devem influenciar nas decisões na cooperativa;
- A relação cooperativa x funcionário x consumidores cooperados e não cooperados deve ser a melhor possível, com funcionários qualificados, motivados, que interajam com os demais funcionários e terceiros, e que sejam comprometidos com a cooperativa.

- Possuir um planejamento para os próximos anos, que seja acompanhado e revisado sistematicamente, inclusive com projeções de tarifas, gerenciando a Parcela B.

Basta um dos itens acima sair do controle para a continuidade da cooperativa ser ameaçada, como por exemplo:

- Existem itens da legislação que podem interferir na gestão da cooperativa, cujas ações devem ser realizadas a médio ou longo prazo, e não são realizados estudos e ações pela cooperativa, na esperança de que a legislação seja alterada, ou que a Confederação Nacional das Cooperativas de Infraestrutura - Infracoop ou encontrem soluções.

- A maioria das cooperativas consideram que suas áreas de atuação são uma continuação da concessionária supridora, e que se perderem a permissão as áreas de

atuação serão transferidas para a concessionária supridora, e os consumidores da cooperativa, cooperados e não cooperados, passarão a pagar as tarifas da concessionária supridora, e por este motivo não veem justificativas para a tarifa da cooperativa ser maior do que a da concessionária. O restante das cooperativas considera que as tarifas podem ser superiores às da concessionária, desde que não muito maior e que o melhor atendimento pela cooperativa justifique tal fato. Na visão da Aneel não existe motivos para vincular as tarifas de fornecimento de um agente regulado com as tarifas de outro agente, tanto é que existem cidades em que de um lado de uma rua a distribuição de energia elétrica é feita por uma concessionária, e do lado da rua o atendimento é feito por outra concessionária, e a diferença de tarifas entre elas podem chegar a 50% ou mais, que a Aneel não tomará nenhuma providência – são concessões com características e custos distintos.

- As concessionárias geralmente possuem a relação quantidade total de funcionários por unidade consumidora menor do que a das cooperativas permissionárias, e os critérios de priorização de atendimento a ocorrências emergenciais devido a legislação vigente, não favorecem o atendimento a áreas rurais, ou com poucas unidades consumidoras afetadas, sendo estes o principal motivo da existência das cooperativas. Devido a isto, os índices de satisfação, índices de continuidade e índices de qualidade das cooperativas permissionárias obrigatoriamente devem ser melhores do que os de regiões similares atendidas por concessionárias distribuidoras.

- O valor de pleito de Parcela B a ser apresentado para a Aneel, considerado necessário para a gestão da cooperativa não deve ser reduzido para atender a interesses de seus dirigentes, tanto por questões políticas, quanto para se perpetuarem na direção da cooperativa. As tentativas de recuperação de receitas nos anos seguintes poderão ser dificultadas pela Aneel, que poderá realizar glosas no pleito de Parcela B, e com isto as gestões futuras das cooperativas poderão ser prejudicadas.

- Não devem existir funcionários que não sejam qualificados e comprometidos com a cooperativa, e que estão no cargo apenas por interesses financeiros e outros alheios aos objetivos da cooperativa, ou seja, algo similar a visão geral da população sobre os funcionários públicos.

Antes de ser sancionada a Lei nº 13.360, de 17 de novembro de 2016, decorrente da Medida Provisória nº 735, o cenário que se vislumbrava para as

cooperativas permissionárias do estado de Santa Catarina nos processos de revisão e reajustes tarifários futuros era o de aplicação do Submódulo 8.4 do PRORET, com retirada dos descontos na Tarifa de Energia – TE a partir da 2ª revisão tarifária ordinária, a razão de 25% ao ano, conforme estabelece o Decreto nº 6.160, de 2007, e manutenção dos percentuais de descontos na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD estabelecidos na 1ª revisão tarifária ordinária de cada cooperativa, até que houvesse alguma lei ou decreto estabelecendo procedimentos diferentes.

Como a Lei 13.360 de 2016 ainda dependerá de regulamentação pela Aneel no que se refere a aplicação às cooperativas de energia, e poderá ser um processo demorado, a seguir será apresentado na tabela 4 o pior cenário para as cooperativas permissionárias, que é o de retirada total dos descontos concedidos na TE e na TUSD de suprimento, e neste caso foram utilizados nos cálculos os dados dos processos tarifários de 2016, contidos em arquivos disponibilizados pela Aneel. (Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016).

Tabela 4 – Cenário em 2016 com a retirada dos descontos na TE e TUSD

Item	Cooperativa	Número de Unidades Consumidoras	Energia Fornecida (MWh)	Parcela A Sem Desconto (R\$)	Compra de Energia sem Desconto (R\$)	Transporte de Energia sem Desconto (R\$)	Parcela B (R\$)	Receita Requerida Sem Desconto na TE e TUSD (R\$)	Relação Tarifa B1 da Cooperativa/B1 da Supridora
1	CEJAMA	4.885	30.875	10.899.645,82	7.939.869,86	1.671.635,09	5.650.000,00	16.549.645,82	150%
2	CERAÇA	10.714	73.308	28.307.646,96	20.248.496,40	5.002.044,60	12.600.000,00	40.907.646,96	144%
3	CERAL ANITAPOLIS	3.091	8.910	2.678.745,83	1.425.427,24	872.627,45	3.691.075,74	6.369.821,56	166%
4	CERBRANORTE	15.942	125.789	43.108.394,89	34.973.632,40	3.184.279,63	18.184.355,14	61.292.750,03	127%
5	CEREJ	12.406	37.701	14.772.441,94	10.452.320,00	2.731.547,97	11.200.000,00	25.972.441,94	174%
6	CERGAL	16.932	63.177	24.561.405,98	17.603.222,58	4.320.542,62	12.585.070,00	37.146.475,98	143%
7	CERGRAL	5.648	23.605	9.013.782,09	6.456.946,10	1.570.076,26	5.150.000,00	14.163.782,09	149%
8	CERPALO	11.515	43.732	17.245.990,29	12.391.589,81	3.016.880,48	11.506.808,44	28.752.798,73	167%
9	CERSUL	16.633	144.259	45.504.742,11	32.909.198,62	6.614.439,83	18.000.000,00	63.504.742,11	116%
10	COOPERMILA	1.150	13.062	4.732.044,27	3.399.625,26	790.053,81	1.640.000,00	6.372.044,27	130%
11	COORSEL	7.658	43.092	16.202.563,64	11.679.139,23	2.707.955,05	11.500.000,00	27.702.563,64	161%
12	CEPRAG	13.657	40.188	16.353.254,20	11.100.962,78	2.651.112,10	13.365.610,89	29.718.865,09	168%
13	CERGAPA	3.618	25.571	10.173.377,15	7.414.409,91	1.688.901,31	5.600.000,00	15.773.377,15	147%
14	CERTREL	3.929	42.586	15.913.330,26	11.513.470,21	2.613.495,40	9.550.000,00	25.463.330,26	150%
15	CERMOFUL	13.205	109.007	37.983.872,37	28.568.944,74	4.869.643,48	18.950.650,00	56.934.522,37	135%
16	COOPERCOCAL	10.114	69.676	20.225.041,94	13.632.992,03	3.425.192,28	12.171.000,00	32.396.041,94	109%
17	COOPERLÍANÇ	35.754	162.897	60.066.725,78	39.971.724,97	6.291.341,44	17.905.029,43	77.971.755,21	121%
18	Total P&D Cooperativas Santa Catarina	186.851	1.057.434	377.743.005,54	271.681.972,14	54.021.768,81	189.249.599,63	566.992.605,17	
19	Total Permissionárias+Cooperaliança	510.211	3.037.003	1.043.283.300,45	760.197.128,31	147.205.339,10	599.614.586,04	1.642.897.886,48	
20	Participação SC (18)/(19)	37%	35%	36%	36%	37%	32%	35%	

Fonte: Elaboração do Modelo Básico de Otimização dos Custos Operacionais, Força & Luz Eng^a, 2016

Caso a projeção de resultados apresentada na Tabela 4 se confirmem em dois ou três anos, qual será o futuro de grande parte das cooperativas permissionárias do estado de Santa Catarina? Qual será a reação dos cooperados diante de tarifas de fornecimento elevadas e/ou perspectivas de piora nos indicadores de atendimento e de continuidade? Essas cooperativas se tornarão inviáveis ou existem alternativas?

Uma das alternativas que poderá ser utilizada é o foco deste estudo, que seria a inserção de uma usina de energia elétrica a partir de RSU, que serviria para a geração de uma receita suplementar visando a diminuição do impacto da retirada dos descontos.

Não podemos esquecer também que a otimização dos Custos Operacionais (Parcela B) é imprescindível e obrigatório para que tenhamos resultados positivos.

3 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os Resíduos Sólidos atualmente são considerados uma das fontes de geração de energia mais promissora no mundo. Sua importância é tamanha devido ao fato de ao mesmo tempo que podemos gerar energia a partir deles podemos contribuir com o meio ambiente, diminuindo o impacto da poluição no nosso planeta.

3.1 DEFINIÇÃO

Em 2010 foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através da Lei no 12.305/2010, que reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

A PNRS, em seu art. 3º, inc. XVI, define resíduos sólidos como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartados resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidade tornem inviável o seu lançamento na rede pública e esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

O termo resíduo é entendido e definido pelo Grupo Lixo (1999, p.10 apud ECKSCHMIDT, 2014, p.73), como:

[...] todo resíduo descartado pelos seres humanos ou gerado pela natureza em aglomerações urbanas ou em localidades rurais. Diz também que é tudo aquilo que o ser humano joga fora porque não tem mais serventia ou valor comercial. Mas o conceito de utilidade é relativo: materiais que são descartados

por determinadas pessoas podem ser reaproveitados por outras, passando, inclusive, a ter significado econômico.

Popularmente, os resíduos são mais conhecidos como “lixo” que, conforme Andrade (2006, p.7), é:

Qualquer substancia que não é mais necessária e que tem de ser descartada, sendo os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis indesejáveis ou descartáveis. Aquilo que se varre para tornar limpa uma casa, rua, jardim, etc., varredura, restos de cozinha e refugos de toda espécie, como latas vazias e embalagens de mantimentos, que ocorrem em uma casa; imundície, sujidade, escória, ralé.

3.2 CLASSIFICAÇÃO

Devido à diversidade de composição dos resíduos, existem múltiplas formas de classificá-los. Considerando a PNRS e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) seguem abaixo conceitos acerca da periculosidade e da origem dos resíduos.

Quanto à Periculosidade – ABNT NBR 10.004:2004

- **Classe I – Resíduos Perigosos:** são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Como exemplo, tem-se os radioativos, inflamáveis, com risco químico, infectantes, etc.
- **Classe IIA – Resíduos Não Inertes:** são os que podem ter propriedades tais como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Os resíduos domésticos são exemplo dessa classe.

- **Classe IIB – Resíduos Inertes:** são aqueles que, submetidos a um contato estático ou dinâmico com a água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não têm nenhum de seus componentes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. A exemplo, tem-se os resíduos de construção civil.

Quanto à origem – PNRS (Lei 12.305,2010):

A classificação dos resíduos quanto a sua origem está na PNRS, em seu art. 13:

- a) resíduos domiciliares:** os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana:** os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos:** os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços:** os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico:** os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais:** os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde:** os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil:** os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris:** os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes:** os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração:** os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

3.3 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), que de forma comum conhecemos como “lixos”, há alguns anos não eram um motivo especial de preocupação. Atualmente, devido ao crescimento econômico e à acumulação de população em áreas pontuais, atingem quantidade tão importantes que devem ser administrados adequadamente, pois do contrário se converteriam em um problema muito grande.

3.3.1 PRODUÇÃO

O conhecimento da produção é imprescindível para todos os aspectos da gestão dos resíduos urbanos (RU). Esta é muito heterogênea e varia em função de diversos elementos. Depende essencialmente de: nível de vida da população, época do ano, localização geográfica e modo de vida dos habitantes, bem como de novos métodos de condicionamento dos produtos com tendência a utilizar recipientes e embalagens, dentre outros.

3.3.2 COMPOSIÇÃO

É imprescindível a realização de estudos de composição e caracterização dos resíduos urbanos quando se pensa na aplicação de um sistema determinado de tratamento, independentemente dos de ordem quantitativa que devam ser realizados. O conhecimento da composição dos resíduos sólidos é de crescente importância, sobretudo com o desenvolvimento dos diferentes processos de avaliação. Os resíduos urbanos são essencialmente heterogêneos. Geralmente o número de categorias depende

do objetivo perseguido, de modo que uma classificação mais completa poderia ser dividida em 10 categorias: 1. Papel-cartão; 2. Telas; 3. Plásticos; 4. Metais; 5. Vidro; 6. Matéria orgânica; 7. Ossos; 8. Restos combustíveis não classificados; 9. Restos incombustíveis não classificados, finos e inferiores a 20 mm. Esta classificação é necessária quando se pretende fazer um estudo dos diferentes processos de avaliação dos resíduos.

3.3.3 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

A ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, que detém a representação da ISWA – International Solid Waste Association, fez estudos e projeções dos dados de 2015 comparando-os com as informações do ano anterior.

Os números referentes à geração de RSU revelam um total anual de 79,9 milhões de toneladas no país, configurando um crescimento a um índice inferior ao registrado em anos anterior.

A comparação entre a quantidade de RSU gerada e o montante coletado em 2015, que foi de 72,5 milhões de toneladas, resulta em um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país, o que leva a cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos sem coleta no país e, conseqüentemente, com destino impróprio.

No tocante à disposição final, houve aumento em números absolutos e no índice de disposição adequada em 2015: cerca de 42,6 milhões de toneladas de RSU, ou 58,7% do coletado, seguiram para aterros sanitários. Por outro lado, registrou-se aumento também no volume de resíduos enviados para destinação inadequada, com quase 30 milhões de toneladas de resíduos dispostas em lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações.

A prática da disposição final inadequada de RSU ainda ocorre em todas as regiões e estados brasileiros, e 3.326 municípios ainda fazem uso desses locais impróprios.

Os recursos aplicados pelos municípios em 2015 para fazer frente a todos os serviços de limpeza urbana no Brasil foram, em média, de cerca de R\$10,15 por habitante por mês, o que representa um aumento de 1,7% em relação a 2014.

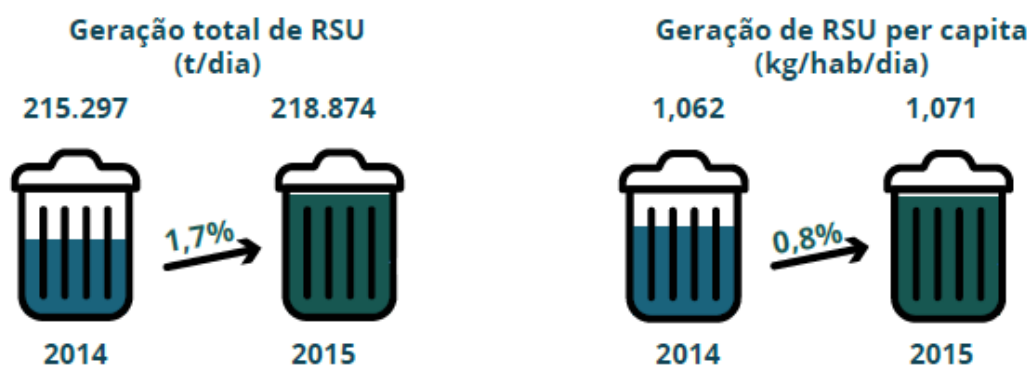
A geração de empregos diretos no setor de limpeza pública também registrou ligeiro aumento e atingiu 353,4 mil postos formais de trabalho no setor.

O mercado de limpeza urbana no país apresentou evolução, que foi registrada em todas as regiões, e movimentou no ano recursos correspondentes a R\$ 27,5 bilhões. (Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE, 2015).

3.3.3.1 GERAÇÃO DE RSU NO BRASIL

A população brasileira apresentou um crescimento de 0,8% entre 2014 e 2015 e a geração per capita de RSU cresceu no mesmo ritmo. A geração total, por sua vez, atingiu o equivalente a 218.874 t/dia de RSU gerado no país, um crescimento de 1,7% em relação ao ano anterior.

Figura 2- Geração de RSU no BRASIL

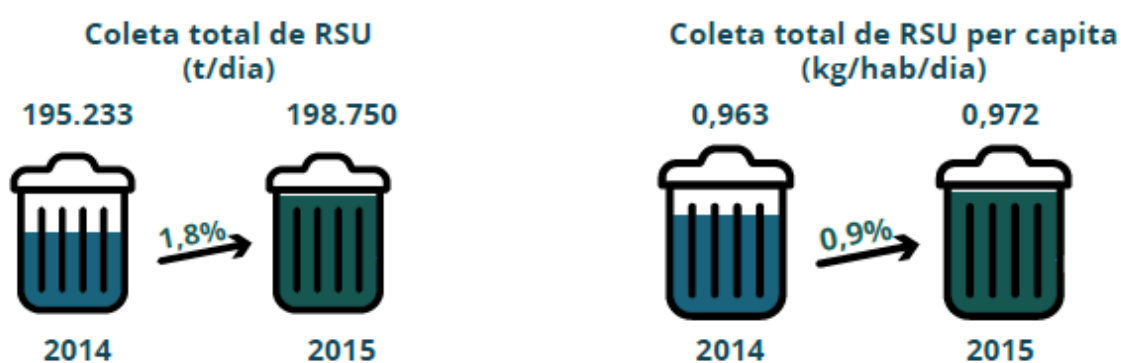


Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE, 2015

3.3.3.2 COLETA DE RSU NO BRASIL

A quantidade de RSU coletados em 2015 cresceu em todas as regiões, em comparação ao ano anterior; a região Sudeste continua respondendo por quase 53% do total e apresenta o maior percentual de cobertura dos serviços de coleta do país.

Figura 3 – Coleta de RSU no Brasil



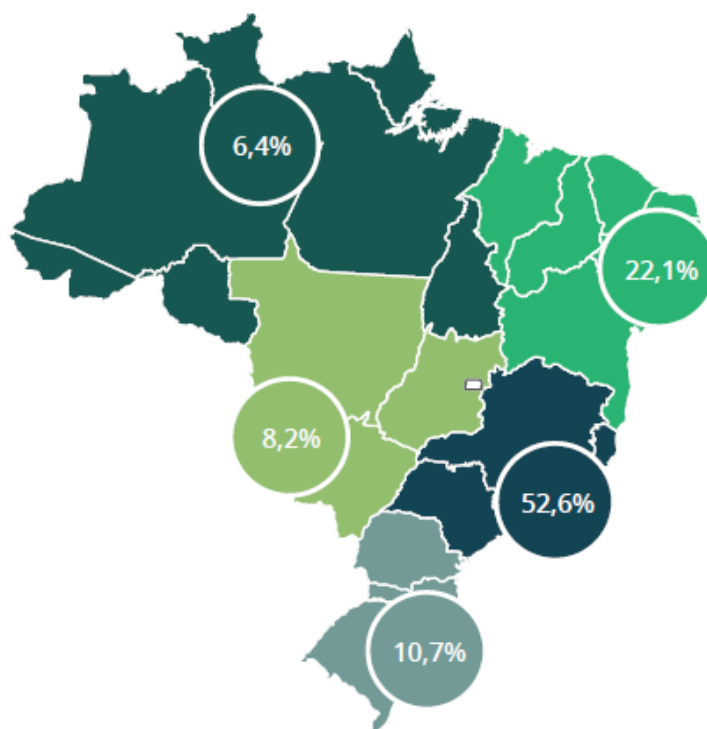
Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE, 2015

Tabela 5 – Quantidade de RSU coletado por regiões e Brasil

Regiões	2014	2015	
	RSU Total (t/dia)	Equação*	RSU Total (t/dia)
Norte	12.458	$RSU = 0,000283 (\text{pop tot} / 1000) + 0,614564$	12.692
Nordeste	43.330	$RSU = 0,000105 (\text{pop tot} / 1000) + 0,738735$	43.894
Centro-Oeste	15.826	$RSU = 0,000145 (\text{pop tot} / 1000) + 0,903690$	16.217
Sudeste	102.572	$RSU = 0,000144 (\text{pop tot} / 1000) + 0,873613$	104.631
Sul	21.047	$RSU = 0,000070 (\text{pop tot} / 1000) + 0,685906$	21.316
Brasil	195.233		198.750

Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2015

Figura 4 – Participação das regiões do País no total de RSU coletados

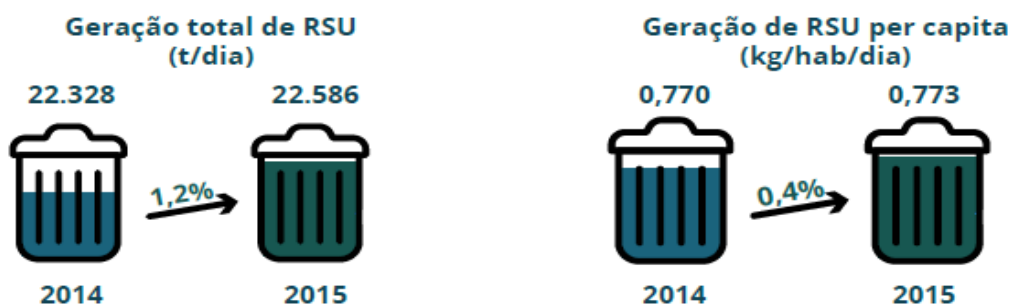


Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2015

3.3.4 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REGIÃO SUL

Os 1.191 municípios da região Sul geraram, em 2015, a quantidade de 22.586 toneladas/dia de RSU, das quais 94,38% foram coletadas.

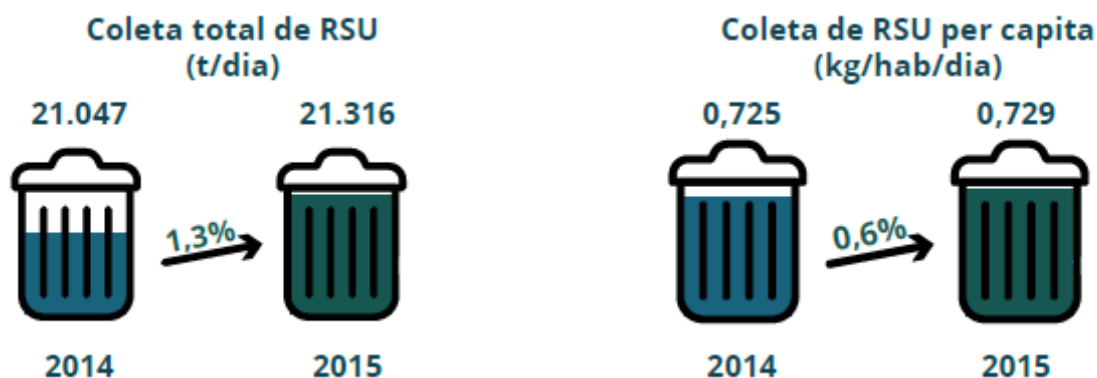
Figura 5- Geração de RSU na região SUL



Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE, 2015

Dos resíduos coletados na região, 29%, correspondentes a 6.211 toneladas diárias, foram encaminhados para lixões e aterros controlados. Os municípios da região Sul aplicaram em 2015, uma média mensal de R\$ 8,01 por pessoa na coleta de RSU e demais serviços de limpeza urbana. (Fonte: Pesquisa ABRELPE IBGE, 2015)

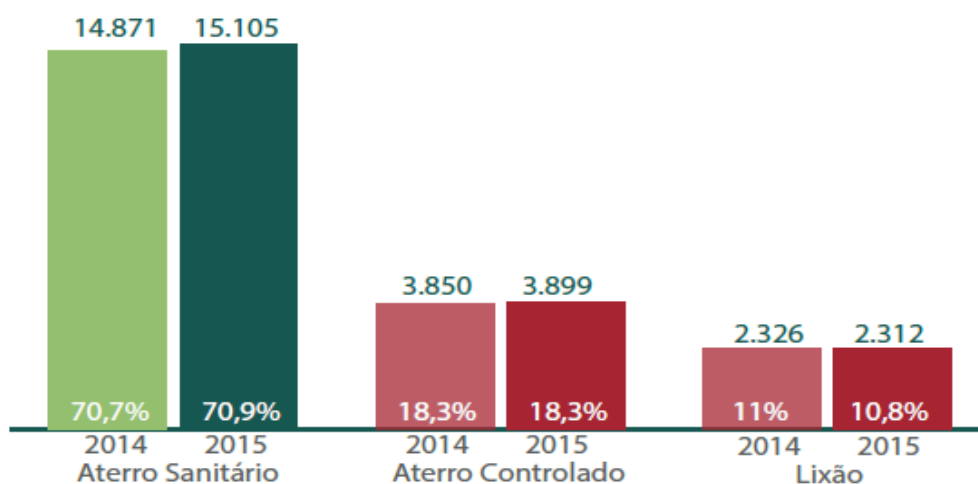
Figura 6 - Coleta de RSU na região SUL



Fonte: Pesquisa ABRELPE e IBGE, 2015

Podemos observar no gráfico abaixo que os aterros sanitários são em maior número em comparação com os aterros controlados e os lixões.

Gráfico 1 - Disposição final de RSU na região SUL



Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2015

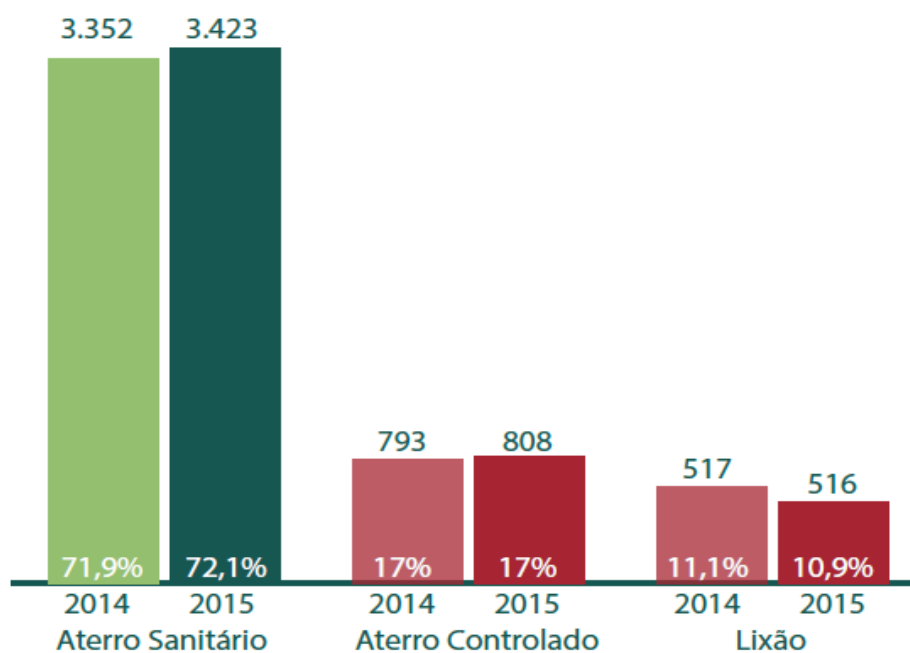
3.3.5 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM SANTA CATARINA

Tabela 6 - Geração e Coleta de RSU no Estado de Santa Catarina

População Total		RSU Gerado (t/dia)		RSU Coletado			
				(Kg/hab/dia)		(t/dia)	
2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
6.727.148	6.819.190	4.909	4.990	0,693	0,696	4.662	4.747

Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2015

Gráfico 2 - Disposição Final de RSU no Estado de Santa Catarina



Fonte: Pesquisa ABRELPE, 2015

4 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

4.1 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RSU

A estimativa da Pöyry, multinacional da área de consultoria e engenharia especializada na área de Energia, entre outros setores, é de que o Brasil pode gerar 300 MW a partir de 12.000 toneladas de lixo ao dia, somente com o processo de incineração. A geração de energia elétrica a partir da queima do lixo é uma atividade que tem grande potencial de desenvolvimento no País, e pode se tornar viável em escala expressiva, favorecendo o meio ambiente.

Em 2015, o Brasil gerava 218.874 toneladas de lixo/dia, dos quais 198.750 toneladas de lixo/dia são coletadas. Do total de lixo coletado aproximadamente 70% vão para lixões não controlados e apenas 30% vão para os aterros sanitários ou controlados. Se 10% desse total de lixo for queimado, em usinas com tecnologia de ponta na área ambiental, seria possível gerar energia suficiente para abastecer uma cidade de 1 milhão de habitantes e também evitar a emissão de aproximadamente 10.000 toneladas de CO₂ equivalente/dia, segundo estimativa da Pöyry.

Um dos motivos de escolhermos a queima do lixo como método para a geração de energia é porque acreditamos que é a única solução para o problema do lixo no País, pois em breve os aterros estarão saturados e a criação de novos aterros “esbarra” cada vez mais em dificuldades para obtenção de licenças, forçando-nos a “levar” os aterros para locais mais distantes impactando em custos operacionais mais elevados.

Provavelmente, em uma cidade como Florianópolis, a implantação de uma usina é viável economicamente apenas com o valor que a Prefeitura gasta com despesas de aterro e transbordo de lixo, com a venda de energia elétrica e com a venda de créditos de carbono.

4.2 TECNOLOGIA UTILIZADA PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA

Na escolha da tecnologia a ser empregada optamos por uma que não necessitasse de energia externa, quando estiver em pleno funcionamento, que produzisse mais energia do que consome, ou seja, que fosse autossuficiente.

Uma das principais características que teve um peso muito grande na escolha da tecnologia foi a questão ambiental. Não queríamos utilizar uma tecnologia que poluísse ainda mais o meio ambiente, pelo contrário, escolhemos uma forma de gerar energia a partir de RSU que, ao mesmo tempo que diminui a quantidade de lixo dos aterros sanitários e lixões não libera gases nocivos à atmosfera. Por estes motivos optamos pela escolha do método de Pirólise/Gaseificação para a geração de energia a partir de RSU.

Na tabela a seguir pode-se ver um comparativo entre algumas tecnologias de geração de energia e verificar os motivos que levaram à escolha da Pirólise.

Tabela 7 – Comparativo entre tecnologias

TECNOLOGIA	Consumo de água	Balanco Energético(kWh)	Sustentabilidade	Impacto Ar	Necessidade de pré-tratamento	Necessidade de filtros/emissões
INCINERAÇÃO	Alto	+ 546	Média	Alto	Baixo	Alto
GÁS DE ATERRO	Baixo	+ 66	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
PIRÓLISE	Médio	+ 720	Alto	Baixo	Médio	Baixo
PLASMA	Baixo	- 750	Médio	Médio	Baixo	Alto
DIGESTÃO ANAERÓBIA	Alto	+ 140	Médio	Baixo	Alto	Baixo

Fonte: Apresentação Gades-Poá EC Partners Energy that cleans, 2016

4.3 PIRÓLISE

A pirólise pode ser definida como um processo de decomposição térmica na ausência ou deficiência de oxigênio (KAMINSKY; SINN, 1996). O processo de pirólise ocorre, portanto, em uma atmosfera contendo uma concentração de oxigênio abaixo do nível estequiométrico de combustão. A pirólise é utilizada para transformação de polímeros, ou materiais contendo polímeros, em produtos líquidos, gasosos ou sólidos (BLATZSÓ, 1997).

Os produtos sólidos da pirólise contêm carvão, cinzas e constituintes não degradados. As condições da pirólise determinam a composição química dos sólidos produzidos (YAMAN, 2004). Baixas temperaturas de processo e longos tempos de residência favorecem a produção de sólidos. Altas temperaturas e longos tempos de residência favorecem a conversão de biomassa em gás, sendo que temperaturas moderadas e curtos tempos de residência otimizam a produção de líquidos ().

Tecnologias que utilizam o processo de pirólise rápida podem produzir combustíveis líquidos para serem utilizados em substituição aos óleos combustíveis usados no aquecimento e na geração de energia elétrica (WANG *et al.*, 2011), como se pode comprovar nos estudos desenvolvidos por Qi *et al.* (2007). O balanço energético do sistema de pirólise é sempre positivo, pois produz mais energia do que consome, ou seja, é autossuficiente.

Dentre as tecnologias disponíveis e adequadas no mercado, o tratamento térmico por pirólise recebe destaque por reduzir o volume do resíduo em até 90%, além de possibilitar o fornecimento de matérias primas em vários segmentos industriais. Observa-se que a incineração é a forma de disposição final mais utilizada para extinção de resíduos classificados como perigosos (classe I). Entretanto, essa forma de tratamento mesmo que adequada e de acordo com as diretrizes estabelecidas na legislação ambiental, apresenta um impacto ambiental considerável em função das emissões de gases de efeito estufa (OLIVEIRA, 2009), por este motivo optamos pelo processo de Pirólise.

Nessa mesma linha de pensamento, Maschio *et al.* (1992) considera a pirólise interessante não apenas como um processo independente para obtenção de produtos com grande potencial energético, mas também como um passo intermediário

para a gaseificação ou processos de combustão. Fisher *et al.* (2002), consideraram em estudos, que se encontra bem consolidado o conhecimento de que uma parcela substancial da degradação térmica dos componentes originais ocorre entre 200° e 400°C.

No processo pirolítico, o resíduo tratado pode ser convertido em 3 grupos de subprodutos: os gases combustíveis, os sólidos carbonizados e os licores pirolenhos. Wiggers (2003) cita que a pirólise, uma das muitas alternativas de processos de conversão química de resíduos sólidos, tem recebido uma atenção especial pelas suas vantagens ambientais. Sofrendo aquecimento em uma atmosfera empobrecida de oxigênio, as substâncias orgânicas de cadeia longa, os polímeros de origem biológica ou sintéticos, fracionam-se via craqueamento térmico e reações de condensação, gerando produtos finais na forma de frações gasosas e líquidas de menor peso molecular e o resíduo sólido final carbonizado, todos com potencial valor econômico.

Ao contrário da incineração, que é altamente exotérmica, a pirólise constitui-se de um processo inicialmente endotérmico, ocorrendo comumente numa faixa de temperatura da ordem de 300° a 600°C e apresenta vantagens, tal como o menor risco potencial de formação de dibenzodioxinas e dibenzofuranos policlorados (WIGGERS, 2003), bem como a inertização dos resíduos em relação ao decaimento biológico, evitando a geração de lixiviados e metano nas etapas posteriores de estocagem e destinação. Assim sendo, a aplicação do processo de pirólise em resíduos sólidos urbanos possui potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, pois o gás metano deixa de ser gerado em qualquer utilização posterior dos produtos do processo, além da possibilidade do incremento da geração de energia de origem renovável.

Vários autores citam o uso da pirólise no tratamento de resíduos sólidos contendo matéria orgânica (BENTO, 2004), resíduos plásticos (GONÇALVES, 2007), resíduos perigosos (GIARETTA, 2007), biomassa (MESA *et al.*, 2003), pneus (GARCIA *et al.*, 2007), para citar alguns estudos. No caso dos resíduos sólidos urbanos, Martins *et al.* (2007) consideram a pirólise como alternativa promissora de tratamento, em virtude das enormes quantidades de resíduos sólidos urbanos gerados mundialmente e do indesejável impacto ambiental consequente.

4.3.1 PROCESSO DE PIRÓLISE

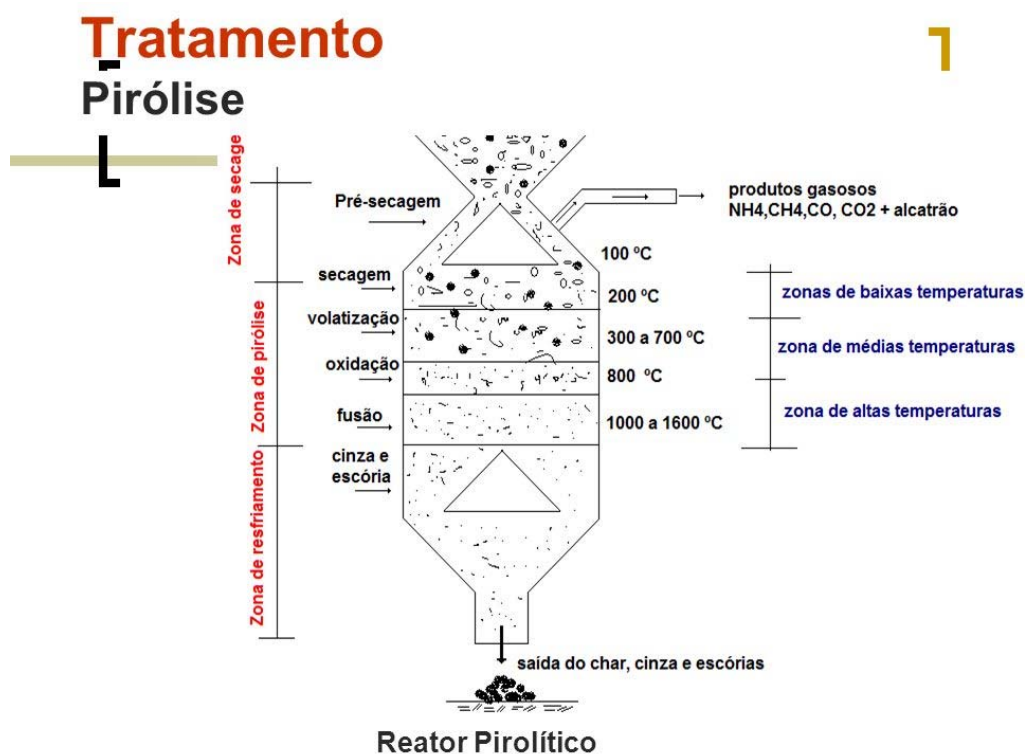
Para que o processo ocorra é necessário fornecer calor ao reator pirolítico, o principal elemento dos processos químicos. Ele é composto por três zonas específicas por onde passa toda a matéria orgânica: zona de secagem, de pirólise e de resfriamento.

Na primeira etapa – zona de secagem – é fornecido calor externo ao reator e as altas temperaturas alteram as propriedades moleculares da matéria depositada.

A segunda etapa é a zona de pirólise, onde ocorrem reações químicas como a fusão, volatilização e oxidação – a passagem de uma substância do estado líquido ou sólido para o estado de gás ou vapor, também chamado de plasma. Desta etapa podem ser retirados alguns subprodutos.

O processo é finalizado na terceira etapa – zona de resfriamento – onde são recolhidas cinzas residuais e também são coletados outros subprodutos, como o bio-óleo.

Figura 7 – Reator Pirolítico

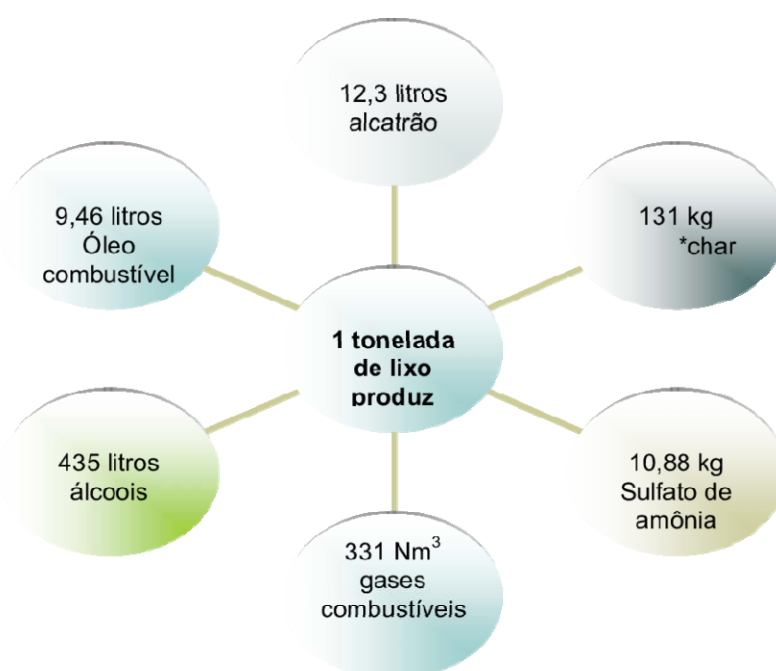


Fonte: Resíduos Sólidos Tratamento e Disposição Final, Gercina N. da R. Carmo Junior

W.S Sanner, em 1970, realizou uma pesquisa de pirólise com três tipos de RSU, lixo doméstico selecionado e moído, lixo de processamento de plástico e lixo industrial selecionado e finamente moído, para saber quanto de subproduto seria obtido no processamento de uma tonelada de lixo.

Os resultados iniciais desta pesquisa demonstraram que uma tonelada de lixo pode ser convertida em diversos subprodutos, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 8 – Subprodutos



Fonte: Revista Pesquisa e Ação 1, 2015

4.4 GASEIFICAÇÃO

Para entender alguns aspectos que tornam a gaseificação uma tecnologia interessante para a geração de energia é importante ressaltar que:

A gaseificação é também chamada de combustão estagiada ou combustão incompleta, já que o gás produzido será queimado numa etapa posterior (caldeira e motogeradores);

- A distribuição (transporte) é mais fácil; devido ao produto final ser um gás combustível, o mesmo pode ser transportado através de tubulações para grandes distâncias, sem a necessidade da construção da usina no local de consumo;
- Controle facilitado;
- Combustão limpa, pois a grande parte das impurezas (material particulado) é removida do gás por ciclones;
- Combustão mais eficiente, facilidade na mistura ar-combustível, assim como no fornecimento da quantidade ideal de ar necessária para a queima do gás de síntese;
- Geração de energia: o gás produzido pode ser aplicado em ciclos de potência a ar, ou mesmo em ciclos combinados, com eficiência mais elevadas que aquelas conseguidas com a queima direta do combustível em ciclos Rankine;

A gaseificação pode ser definida como oxidação parcial, à elevada temperatura 500 °C – 1400 °C e pressão variável (atmosférica a 33 bar), de material carbonáceo sólido ou semissólido (biomassa/madeira, resíduos, carvão, etc.), em um gás combustível (gás de síntese, principalmente H₂, CH₄ e CO).

Durante a gaseificação, o produto principal é um gás combustível composto de CO, CO₂, H₂, CH₄, traços de hidrocarbonetos pesados, água, nitrogênio e várias outras substâncias - pequenas partículas de coque, cinza, alcatrão, ácidos e óleos, que são consideradas contaminantes.

A composição desse gás de síntese varia em função do tipo de biomassa e do processo de utilizado. Os processos de gaseificação mais simples utilizam o ar como agente gaseificante, neste caso o uso de ar, ao invés de oxigênio, cujo o alto valor de mercado inviabiliza esta prática, pode reduzir o poder calorífico do produto gasoso devido à presença de dióxido de carbono e nitrogênio.

O processo de gaseificação é composto por reações complexas, ainda não inteiramente conhecidas, porém pode ser simplificado em três etapas principais: a etapa de secagem, a etapa de pirólise e a etapa de gaseificação, em que ocorre a oxidação parcial dos resíduos e gases voláteis produzidos na etapa de pirólise. (INFIESTA, Luciano Reis, 2015, pg. 44 e 45).

4.4.1 GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A gaseificação de RSU tem como finalidade a recuperação energética de resíduos sólidos urbanos, na qual o produto final será um gás combustível para aproveitamento energético por meio de moto-geradores ou ciclo Rankine a vapor.

A mesma está dividida em três blocos distintos, porém, integrados e dependentes entre si, sendo eles;

1 - Unidade de recepção e produção de CDR – Combustível derivado de Resíduo: Trata-se de unidade composta por equipamentos que atuam no material recebido promovendo sua trituração, desumidificação e seleção mecânica, com ou sem auxílio de pessoas, produzindo um combustível homogêneo e específico para o gaseificador.

2 - Unidade de gaseificação: Trata-se do setor destinado a converter a energia potencialmente contida no CDR, em gás combustível de múltiplas aplicações.

3 - Unidade de geração de energia elétrica: Como uma das aplicações possíveis para o gás produzido na gaseificação, a geração de energia elétrica é a que possibilita o melhor aproveitamento energético e financeiro do mesmo.

Atende dois modelos diferentes de geração: ciclo Otto e o ciclo Rankine; ou seja, o gás gerado poderá ser utilizado como combustível diretamente em moto-geradores, de ciclo Otto, onde a explosão interna aciona geradores acoplados ou diretamente em combustores do tipo caldeiras aquatubular e turbo-geradores, acionados pelo vapor gerado pelo processo.

A melhor eficiência no aproveitamento energético está no ciclo Otto com 35%, mas sua viabilidade econômica é limitada a 2 MWe. Para a geração de potências superiores a 2 MWe, a utilização do ciclo Rankine com rendimento de 30%, torna-se a opção mais viável economicamente para a geração elétrica na utilização de gaseificadores, devido ao ganho de escala e consequentemente ao menor investimento R\$/MW instalado. (CARBOGAS, 2014).

4.5 FLUXOGRAMA DA UNIDADE DE TRATAMENTO

O processo da unidade de tratamento tem início através do recebimento e triagem do RSU.

Na triagem temos duas opções de separação do material recebido, a separação por meio automatizado, onde todo o processo é realizado por máquinas, ou a separação por funcionários, opção esta que traz uma geração maior de emprego.

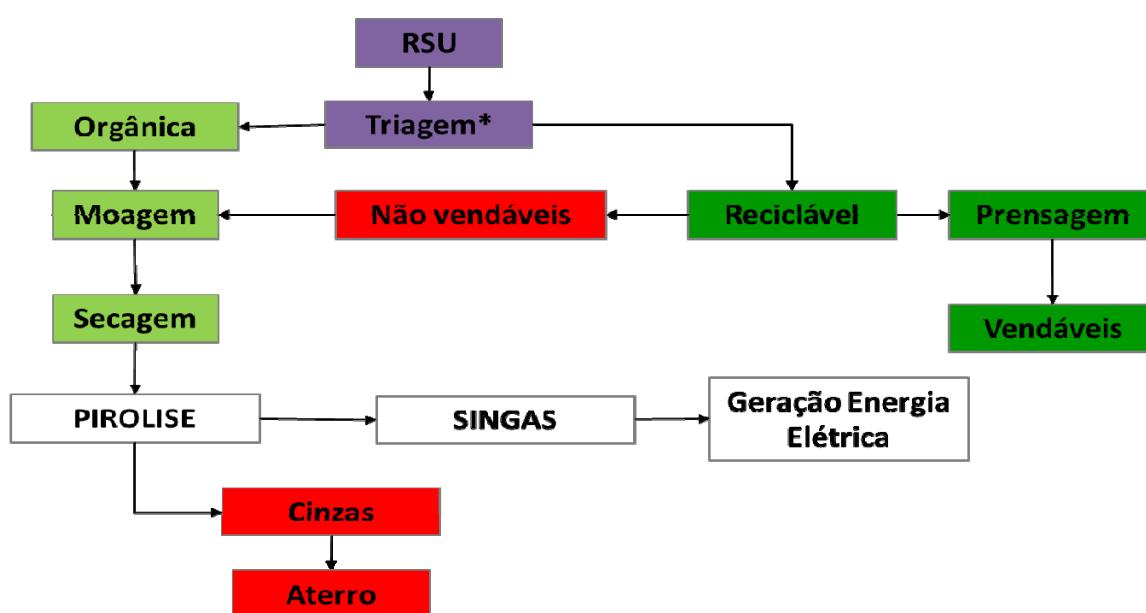
Ainda na etapa de triagem é feita a separação do material em orgânico ou reciclável.

O material reciclável é classificado em vendável ou não vendável, onde o vendável (alumínio, papelão, etc.) é separado para prensagem e vendido. Já o material não vendável retorna para ser moído junto com o material orgânico.

Após a moagem o material parte para a secagem que em seguida entrará no processo de pirólise.

Por fim, no processo de pirólise obtemos o Gás de Síntese, principal subproduto para a geração da energia, bem como outros subprodutos como por exemplo a cinza, que pode ser usada na fabricação de asfalto e cimento.

Figura 9 – Fluxo da Unidade de Tratamento



Fonte: Autoria Própria

5 ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso da geração de energia a partir de RSU usando o método de gaseificação utilizamos alguns valores de referência do estudo “Gaseificação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Vale do Paranapanema – Projeto CIVAP”, Luciano Reis Infiesta (2015).

O projeto é um empreendimento de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da gaseificação da matéria orgânica e inorgânica presente no resíduo e posterior geração de energia elétrica por ciclo Rankine, a partir do gás de síntese produzido, com potência elétrica instalada de 8.2 MW.

5.1 VIABILIDADE ECONÔMICA

A tecnologia de tratamento do RSU, gaseificação, será analisada segundo um cenário idealizado, compatível com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Será analisada a performance econômico-financeira, as contribuições para a redução das emissões de GEE – Gases de Efeito Estufa e o aumento da eficiência energética, os empregos diretos gerados e a conformidade às exigências legais.

Para uma melhor otimização de custos, será analisada também a etapa que consiste nos dados da separação de Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR), que consiste numa sequência de operações unitárias organizadas em série com o objetivo de separar componentes indesejados e condicionar a matéria de maneira a obter CDR com as características desejadas.

A análise econômico-financeira será obtida para atender a oferta de 2.000 toneladas diárias de RSU. O empreendimento será avaliado por meio do cálculo de seu fluxo de caixa descontado, segundo taxas de desconto de 12% ao ano, para 15 anos de operação.

Os impostos utilizados para a avaliação financeira são aqueles informados pela Receita Federal. No caso do ISS – Imposto Sobre Serviço foi previsto 5%, visto que a

taxa varia tipicamente entre 0% a 5%. Para as outras alíquotas foram utilizados os valores informados pela Receita Federal como se seguem abaixo:

- COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social): 7,6%
- PIS (Programa de Integração Social): 1,65%
- IR + CSLL (Imposto de Renda e Contribuição Social sobre Lucro Líquido): 34%

Os valores dos impostos refletem o regime de tributação pelo Lucro Real. Foi também considerado que a maior parte dos investimentos em CAPEX, se depreciaria em 5 anos, ou seja, os ativos se depreciam 20% ao ano na presente avaliação. Metodologia de financiamento Tabela Price. Os valores de investimento e manutenção foram descritos na tabela 8.

Tabela 8 – Investimentos

INVESTIMENTO NA LINHA DE CDR		
Investimento linha de cdr	R\$ 25.000.000,00	R\$
Tempo de construção	2	ANOS
Custos indiretos	R\$ 4,21	R\$/ton
Opex	R\$ 5.539.258,29	R\$ /ano
Processamento anual de rsu	162000	ton
Receita de resíduo sólido urbano + metais	R\$ 13.645.922,73	R\$ /ano
Depreciação	5	ANOS
Quantidade de financiamento	80,0%	%
Juros financiamento	7,5%	%
Período financiamento	5	ANOS
Preço resíduo sólido urbano	R\$ 80,00	Ton
INVESTIMENTO SISTEMA DE GASEIFICAÇÃO		
Investimento	R\$ 50.500.000,00	R\$
Tempo de construção	2	ANOS
Custos indiretos	R\$ 622.334,09	R\$/MWh
Opex	R\$ 2.812.218,77	R\$ /MWh
Produção anual de energia elétrica	57.992	MWh/ano
Fator de capacidade	95	%
Preço energia elétrica	R\$ 215,00	MWh

Receita na venda de energia elétrica	R\$ 11.202.013,57	R\$ /ano
Depreciação	5	ANOS
Quantidade de financiamento	80,0%	%
Juros financiamento	7,5%	%
Período financiamento	5	ANOS
VPL - valor presente líquido	R\$ 30.437.529,09	
TIR - taxa interna de retorno	41,87%	

Fonte: Carbogas Ltda, 2015.

5.2 O PROBLEMA DA COOPERATIVA

Com os dados levantados podemos referenciá-los para encontrar os valores para o problema da cooperativa.

Apesar do problema das perdas dos subsídios afetar todas as cooperativas vamos dar enfoque à Cooperativa de Eletricidade de Paulo Lopes - CERPALO, a qual sou engenheiro responsável técnico e responsável pela área de regulação do setor elétrico junto a ANEEL.

5.2.1 DADOS DA COOPERATIVA

A CERPALO atualmente atende a 12.500 consumidores com abrangência em quatro municípios, Paulo Lopes, Garopaba, Imbituba e Imaruí.

Os valores de suprimento referente a um ano, de setembro de 2016 a agosto de 2017 são mostrados na tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Valores de Suprimento

Competência	TUSD Energia (MWh)		Energia (MWh)		Demanda (KW)	
	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta	Ponta
set-16	3.170	446	3.083	446	8.595	8.450
out-16	3.338	400	3.231	400	7.941	8.078
nov-16	3.602	411	3.498	411	8.999	9.516
dez-16	4.103	508	4.003	508	11.547	10.868
jan-17	4.757	575	4.651	575	10.812	10.706
fev-17	4.409	480	4.316	480	11.684	11.360
mar-17	4.154	478	4.054	478	9.647	9.323
abr-17	3.762	354	3.664	354	9.766	8.009
mai-17	3.748	435	3.646	435	8.445	7.530
jun-17	3.403	399	399	399	8.794	7.791
jul-17	3.390	401	3.277	401	8.140	7.604
ago-17	3.390	401	3.277	401	8.140	7.604
TOTAL	45.226,052	5.287	41.098,801	5.287	112.509,30	106839,58

Fonte: Autoria Própria.

A Resolução Homologatória nº 2.153, de 27 de setembro de 2016 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) homologou o resultado da segunda Revisão Tarifária Periódica (RTP) da CERPALO, trazendo os valores das Tarifas de Energia (TE) e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) para a compra de energia da supridora CELESC. Estes valores têm vigência no período de 30 de setembro de 2016 a 29 de setembro de 2017, conforme tabela 10.

Tabela 10 - Tarifas de Aplicação da Supridora de Energia.

SUBGRUPO	MODALIDADE	SUPRIDORA	POSTO	TUSD		TE
				R\$/kW	R\$/MWh	R\$/MWh
A3a	DISTRIBUIÇÃO	Celesc-DIS	P	16.90	7.84	0.00
			FP	6.72	7.84	0.00
			NA	0.00	0.00	82.73

Fonte: Resolução Homologatória nº 2.153 ANEEL, 2016.

A tabela 11 mostra os valores pagos na compra de energia da supridora, já inclusos valores de PIS, COFINS e multas por ultrapassagem de demanda. Apesar de que

as perdas dos subsídios incidam sobre a TE e TUSD, não sendo considerados os valores de PIS, COFINS e multas, vamos considerar os valores totais para efeito de estudo.

Tabela 11 – Compra de Energia

Competência	Valores Pagos na Compra de Energia (R\$)
set-16	365.523,13
out-16	544.759,65
nov-16	657.536,28
dez-16	834.145,82
jan-17	848.793,31
fev-17	875.165,62
mar-17	690.336,58
abr-17	589.637,67
mai-17	597.771,95
jun-17	608.575,30
jul-17	591.147,76
ago-17	591.147,76
TOTAL	7.794.540,83

Fonte: Autoria Própria.

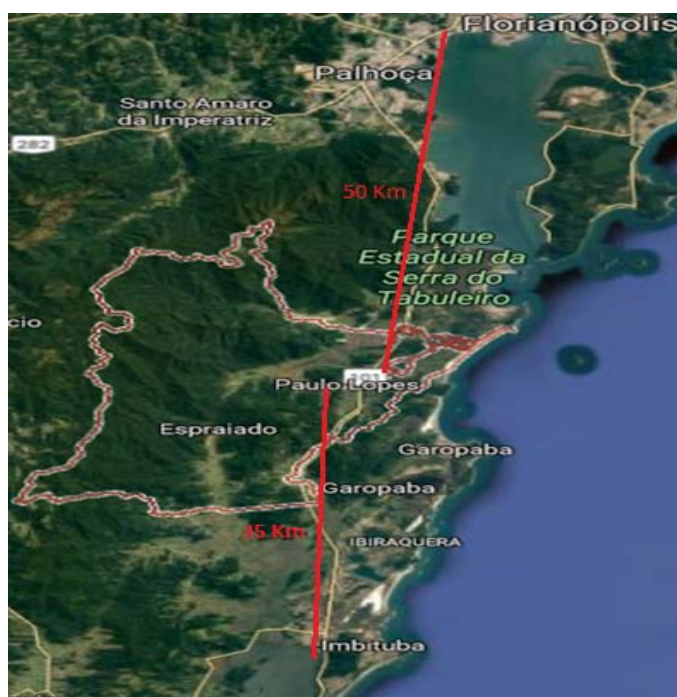
5.3 ADAPTAÇÃO AO CASO CERPALO

Com os valores da análise de viabilidade econômica da tabela 8 – Investimentos e os dados e valores levantados para a cooperativa em estudo, podemos redimensionar os cálculos trazendo estes valores para o universo da cooperativa CERPALO.

5.3.1 REDIMENSIONANDO OS INVESTIMENTOS

O estudo de referência conta com a recepção de resíduos em um raio de 60 Km, como a cidade de Paulo Lopes está a 50 Km da grande Florianópolis, onde os três maiores municípios, Florianópolis, São José e Palhoça, somam mais de 800.000 habitantes, a questão da quantidade de RSU necessário para o empreendimento não será problema, e poderemos utilizar os dados em escala para o nosso estudo.

Figura 10 – Área de Coleta de RSU



Fonte: Google Maps, 2017.

Analisando a Tabela 9 – Valores de Suprimento, observamos que a demanda máxima da CERPALO durante o ano de análise foi de 11,68 MW, portanto vamos optar por uma potência instalada do empreendimento de 4 MW, que corresponde à metade da potência elétrica instalada no empreendimento de referência.

Com estes dados podemos estimar os valores de investimentos para o caso da cooperativa, redimensionando os valores da Tabela 8 – Investimentos, para os novos valores do caso em estudo, obtendo a nova Tabela 12 – Investimentos Caso CERPALO.

Tabela 12 – Investimentos Caso CERPALO.

INVESTIMENTO NA LINHA DE CDR		
Investimento Linha de CDR	12.500.000,00	R\$
Tempo de Construção	2	ANOS
Custos Indiretos	4,21	R\$/ton
Opex	2.769.629,00	R\$/ano
Processamento anual de RSU	81.000	ton
Receita de RSU + Metais	6.822.961,00	R\$/ano
Depreciação	5	ANOS
Quantidade de Financiamento	80	%
Juros Financiamento	7,5	%
Período Financiamento	5	ANOS
Preço Resíduo Sólidos Urbanos	80,00	R\$/ton
INVESTIMENTO SISTEMA DE GASEIFICAÇÃO		
Investimento	25.250.000,00	R\$
Tempo de Construção	2	ANOS
Custos Indiretos	311.167,00	R\$/MWh
Opex	1.406.109,00	R\$/MWh
Produção anual de Energia Elétrica	28.996	MWh/ano
Fator de capacidade	95	%
Preço Energia Elétrica	215,00	MWh
Receita na venda de Energia Elétrica	5.601.006,00	R\$/ano
Depreciação	5	ANOS
Quantidade de Financiamento	80	%
Juros Financiamento	7,5	%
Período Financiamento	5	ANOS
VPL - Valor Presente Líquido	R\$24.027.922,30	
TIR - Taxa Interna de Retorno	16,40%	

Fonte: Autoria Própria.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Como podemos analisar na tabela 12 – Investimentos Caso CERPALO, obtivemos uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 16,40 %, bem abaixo da TIR do caso de referência que era de 41,87 %, mas ainda assim uma taxa muito boa. Por este motivo o investimento deve ser estudado com maiores detalhes antes de investir no projeto, uma vez que apesar da TIR ficar acima da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) que foi considerada 12 %, a margem de segurança é muito pequena.

No caso do resultado obtido do Valor Presente Líquido (VPL), encontramos um valor do VPL muito favorável ao projeto. Podemos perceber que ainda temos um investimento muito alto para gerar energia a partir de RSU pelo método de Pirólise/Gaseificação, por isso temos que elaborar um estudo mais aprofundado.

Deixamos claro neste trabalho que não demos enfoque nos subprodutos do processo de pirólise, como o bio-óleo e materiais inertes como cinzas e carbono fixo, que podem ser utilizados na fabricação de cimento, misturado ao asfalto, etc. Um estudo mais aprofundado com certeza traria um considerável aumento de viabilidade econômica.

Outro item a ser destacado é o faturamento da CERPALO. A tabela 11 – Compra de Energia mostra que o gasto com compra de energia é da ordem de R\$7.794.540,83.

Após a perda total dos subsídios o custo de compra de energia sobe para R\$15.408.470,29, ou seja, teremos um aumento muito significativo na receita requerida, que será repassado para os consumidores finais.

Junto com o aumento da receita requerida teremos também uma diminuição do “lucro” da empresa, o que forçará a cooperativa a tomar algumas atitudes:

1 – Cortar custos operacionais da cooperativa, o que implicaria em demissões de colaboradores e como consequência um atendimento mais precário ao consumidor e uma manutenção da rede mais deficitária, trazendo uma depreciação maior e mais veloz dos ativos da cooperativa;

2 – Procurar um meio de trazer mais receita para a cooperativa, que foi o foco deste estudo ao analisar a possibilidade de inserção de uma usina para geração de energia a partir de RSU.

Uma outra opção que pode ser deixada para futuros estudos, seria a construção de uma usina de potência menor para que entre em operação apenas em horário de ponta. Com isto podemos diminuir a demanda (MW) contratada e consequentemente baixar os valores de receita requerida.

Podemos demonstrar resumidamente a economia na compra de energia se fizéssemos, por exemplo, uma usina com geração de 2MW instalados e colocássemos em operação somente em horário de ponta, que é das 18:30hs a 21:30hs.

Na tabela 9 – Valores de Suprimento, podemos ver que temos que ter uma demanda contratada de 12 MW para suprir a máxima demanda de ponta e não ter que pagar multa por ultrapassagem. Se acrescentássemos a usina de 2 MW teríamos uma economia em torno de R\$ 666.441,60 por ano, conforme tabela 13 – Economia na Inserção de 2 MW.

Tabela 13 – Economia na Inserção de 2 MW

Competência	TUSD Energia		Energia (MWh)		Demanda (KW)		Economia com a Inserção dos 2MW (R\$)
	USINA 2MW (MWh)	Custo (R\$)	USINA 2MW (MWh)	Custo (R\$)	USINA 2MW (MWh)	Custo (R\$)	
set-16	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
out-16	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
nov-16	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
dez-16	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
jan-17	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
fev-17	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
mar-17	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
abr-17	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
mai-17	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
jun-17	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
jul-17	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
ago-17	8	1.882	8	19.855	2.000	33.800	55.537
TOTAL	96,000	22.579	96,000	238.262	24.000,00	405600,00	666.441,60

Fonte: Autoria Própria.

Por fim, a realidade brasileira com seus baixos preços na recepção do resíduo, altos valores de transporte (frete) até o destino final, instabilidade no setor de energia elétrica, alta carga tributária de importação, descentralização da geração de resíduo e de consumo de energia elétrica, impossibilitam economicamente que as tecnologias do referente estudo largamente empregadas na Europa possam ser aplicadas aqui.

Desta forma a alternativa mais utilizada atualmente para a destinação dos resíduos sólidos é o aterro sanitário, que apesar de obter ganho econômico inicialmente com a utilização do biogás e com baixos valores iniciais de implementação, propicia uma intensa degradação de grandes extensões de área, causando desvalorização das mesmas, seguido de problemas de saúde pública e ambiental que não são considerados nas planilhas financeiras, ou seja, custos intangíveis e incalculáveis.

Como a defesa do título de especialista é de um curso de especialização de Energias Renováveis com ênfase em Sustentabilidade, e sabendo dos diversos problemas ambientais que o mundo atravessa atualmente, optamos por dar ênfase principalmente na parte ambiental do processo, deixando em segundo plano a análise financeira.

Temos certeza que o processo de pirólise/gaseificação de resíduos sólidos urbanos, cria uma forte e promissora vertente para o atendimento da PNRS, e de acordo com a realidade econômica brasileira, é relevante um maior empenho em pesquisa e desenvolvimento com resultados práticos no ponto de vista ambiental, de forma a dar mais segurança aos organismos licenciadores, assim como subsídios à iniciativa pública e privada, que buscam alternativas aos sistemas de destinações inadequadas de RSU estabelecidas no Brasil, visto que a resolução da ANEEL 271 de 03/07/2007 isenta 100% da TUST (tarifa de utilização do sistema de transmissão) e da TUSD (tarifa de utilização do sistema de distribuição) para usinas lixo-energia que utilizam no mínimo 50% da energia proveniente do resíduo (lixo), o que estimula fortemente o autoprodutor e o consumidor livre a investir neste setor de resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2015;**

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** ed. – Brasília: Aneel, 2008.

BENTO, M. S.. **Estudo cinético da pirólise de precursores de materiais carbonosos.** Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Dissertação de mestrado, 2004.

BLATZSÓ, M. **Recent trends in analytical and applied pyrolysis of polymers.** Journal of analytical and Applied Pyrolysis. v.39, p. 1-25, 1997.

BRIDGWATER, A.V. **Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading.** Biomass and Energy, v. 38, p. 68-94, 2012.

Carbogas Ltda. **Resultados de testes práticos de gaseificação de resíduos sólidos urbanos, na planta piloto de 1 MWth.** Mauá, 2014.

CARREAS, N. **O biogás** . Programa de Capacitação em Energias Renováveis - ONUDI, Observatório de Energias Renováveis para a América Latina e o Caribe – Universidade Politécnica de Madri, Campus Salamanca, 2013.

FIGUEIREDO, Juliana Carvalho. **Estimativa de produção de biogás e potencial energético dos resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais.** 2012. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2012.

FILHO, José Antônio Poletto. **Viabilidade energética e econômica da incineração de resíduo sólido urbano considerando a segregação para reciclagem.** 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

FISHER, T.; HAJALIGOL, M.; WAYMACK, B.; KELLOGG, D. **Pyrolysis behavior and kinetics of biomass derived materials.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. v.62, p. 331-349, 2002.

GARCIA I. T. S.; NUNES M. R.; CARREÑO N. L. V.; WALLAW W. M.; FAJARDO H. V.; PROBST L. F. D.. **Obtenção e caracterização de carbono ativado a partir de resíduos provenientes de bandas de rodagem.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, 17(4): 329 – 333, 2007.

GIARETTA, E.. **Reciclagem de borra de tinta via Pirólise.** Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Universidade de Caxias do Sul – UCS. Dissertação de mestrado, 2007.

GONÇALVES, C. K. **Pirólise e combustão de resíduos plásticos**. Engenharia de Materiais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado, 2007.

GONÇALVES, José Evaristo. **Avaliação energética e ambiental de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de Eucalyptus grandis**. 2010. 104 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômica, Botucatu, 2010.

FORÇA & LUZ ENGENHARIA e SINAPSIS. **Metodologia para otimização multicritério e dinâmica de sistemas rurais de distribuição, considerando investimentos em novos elementos de redes inteligentes sob critérios técnicos e regulatórios, e metodologia de otimização de custos operacionais – etapa 9**. 2016. 219 p.

INFIESTA, Luciano Reis. **Gaseificação de resíduos sólidos urbanos (RSU) no vale do Paranapanema – Projeto CIVAP**. 2015. 137 p. Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

JÚNIOR, Ronaldo Mario Neves. **Modelo financeiro para desenvolvimento de negócios em energia renovável**. 2010. 74 f. Monografia (MBA International Affairs e Master 2 International Commercial Negotiation) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

KAMINSKY, W.; SINN, H. **Petrochemical processes for recycling plastics**. In: BRANDRUP; BITTNER; MENGES, MICHAELI. *Recycling and recovery of plastics*. New York: Hanser/Gargner Publications, Cap. 5.3, p. 434-443. 1996.

MARTINS A. F.; DINIZ, J.; STAHL J. A.; CARDOSO A. L. **Caracterização dos produtos líquidos e do carvão da pirólise de serragem de eucalipto**. Química Nova, 30(4): 873 – 878, 2007.

MASCHIO, G.; KOUFOPANOS, C.; LUCCHESI, A. **Pyrolysis, a promising route for biomass utilization**. Bioresource Technology. v.42, p. 219-241, 1992.

MESA J. M.; ROCHA J. D.; OLIVARES E.; BARBOZA L. A.; BROSSARD L. E.; BROSSARD JR, L. E. **Pirólise rápida em leito fluidizado: uma opção para transformar biomassa em energia limpa**. Revista Analytica, 04: 32 – 36, 2003.

OLIVEIRA, M.L.; CABRAL, L.L., LEITE, M.C.A.M.; MARQUES, M.R.C. **Pirólise de resíduos poliméricos gerados por atividades offshore**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 19, n.4, p. 297-304, 2009.

QI, Z.; JIE, C.; TIEJUN, W.; YING, X. **Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research**. Energy Conversion and Management. v.48, p.87-92, 2007.

TORRES FILHO, Artur. **Aplicação do processo de pirólise para valoração, cogeração de energia e tratamento de resíduos.** 2014. 173 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2014.

WANG, S.; GUO, X.; WANG, K.; LUO, Z. **Influence of the interaction of components on the pyrolysis behavior of biomass.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 91, p. 183-189, 2011.

WIGGERS, V. R.. **Simulação, projeto e construção de uma unidade piloto multi-propósito para pirólise de resíduos.** Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas. Dissertação de mestrado, 2003.

YAMAN, S. **Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks.** Energy Conversion and Management, v. 45, p. 651-671, 2004.