

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
NÚCLEO INTERDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIAL (NIDES)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE TECNOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO SOCIAL

ANTONIO OSCAR PEIXOTO VIEIRA

A RELAÇÃO ENTRE RESÍDUOS DO PÓS-CONSUMO E ENERGIA:
ESTUDO DE CASO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL EM
COOPERATIVA DE CATADORES

Rio de Janeiro

2018

ANTONIO OSCAR PEIXOTO VIEIRA

A RELAÇÃO ENTRE RESÍDUOS DO PÓS-CONSUMO E ENERGIA:
ESTUDO DE CASO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL EM
COOPERATIVA DE CATADORES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Tecnologia para o Desenvolvimento Social (PPGTDS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em tecnologia para o desenvolvimento social.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Rolim

Rio de Janeiro

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Or Oscar Peixoto Vieira , Antonio
A relação entre resíduos do pós-consumo e energia:
Estudo de caso de viabilidade da utilização de
energia renovável em cooperativa de catadores /
Antonio Oscar Peixoto Vieira . -- Rio de Janeiro,
2018.
68 f.

Orientador: Luiz Guilherme Rolim.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Núcleo Interdisciplinar para o
Desenvolvimento Social, Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia para o Desenvolvimento Social, 2018.

1. eficiência energética. 2. lixo. 3. energia
renovável. 4. destinação final de resíduos. 5.
cadeias da reciclagem. I. Rolim, Luiz Guilherme,
orient. II. Título.

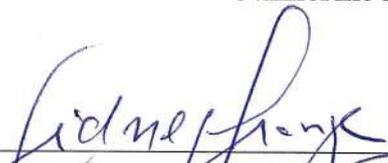
A RELAÇÃO ENTRE RESÍDUOS DO PÓS-CONSUMO E ENERGIA:
ESTUDO DE CASO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA
RENOVÁVEL EM COOPERATIVA DE CATADORES

Dissertação apresentada por **Antonio Oscar Peixoto Vieira** ao Programa de Pós-Graduação de Tecnologia para o Desenvolvimento Social (PPGTDS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Tecnologia para o Desenvolvimento Social.

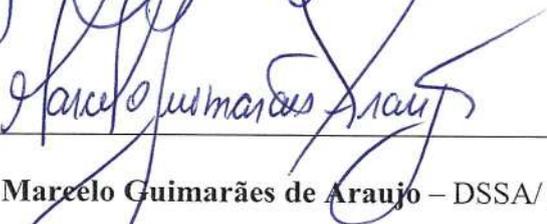
Aprovada pela banca abaixo assinada:



Presidente: **Prof. Dr. Luiz Guilherme Rolim**– PPGTDS/NIDES/UFRJ



Prof. Dr. Sidney Lianza- PPGTDS/NIDES/UFRJ



Prof. Dr. Marcelo Guimarães de Araujo – DSSA/ ENSP / FIOCRUZ



Prof. Dr. Walter Issamu Suemitsu - PPGTD/NIDES/UFRJ

Rio de Janeiro

2018

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço ao Professor Guilherme Rolim, que de forma generosa, acolhedora e segura aceitou orientar uma dissertação com um tema multidisciplinar a ser defendida por um pesquisador que não tem formação em engenharia e que tinha limitados conhecimentos em energias renováveis. Meus agradecimentos também aos companheiros Ricardo Julian, Nelson Ravielo e Stephanie Carolina Pereira, que com muita disponibilidade me socorreram para sanar dúvidas provenientes das lacunas resultantes da minha falta de formação em engenharia elétrica.

Minha gratidão aos companheiros do Núcleo de Solidariedade Técnica - SOLTEC, em especial ao Professor Sidney Lianza, que liderando jovens pesquisadores foi determinante na minha decisão de enfrentar os desafios da pós-graduação. No SOLTEC continuo tendo a oportunidade de conviver num ambiente de companheirismo, onde predomina o compromisso de defender uma universidade pública de qualidade, voltada para o desenvolvimento social.

A minha família, em especial a minha companheira de todas as horas, Fátima, que de forma incondicional sempre deu seu apoio, incentivo e criou as condições que me permitiram me dedicar aos projetos e ao estudo. Aos meus filhos, Mariana, Vitor e Rodrigo, que foram compreensíveis com a distância do pai.

Aos catadores de materiais recicláveis, com os quais a convivência ajudou a consolidar minha consciência socioambiental pautada na ideia de que todos temos um compromisso com a adequada destinação final daquilo que descartamos. Em especial, aos integrantes da Cooperativa *Céu Azul*, em particular ao Luiz Claudio, que de forma muito generosa sempre esteve disposto a responder às demandas desta pesquisa. Sua visão pioneira foi determinante para a realização não apenas deste trabalho, mas também para colocar as cooperativas de catadores num patamar mais avançado na articulação das cadeias da reciclagem.

Por fim, agradeço aos pesquisadores e estudantes que participaram da concepção e realização da RIPER - Rede de Informação e Pesquisa em Resíduos. Concebido como um projeto megalomaniaco, ao longo dos últimos oito anos, foram muitos os pesquisadores, alunos e técnicos de outras áreas da UFRJ, de pesquisadores, trabalhadores de fora da universidade, que, sensibilizados pelo grande desafio, lutam para que o lixo deixe de ser visto como um problema e passe a ser percebido como uma oportunidade. Esta dissertação é fruto do acúmulo, das trocas entre todos e todas e pretende ser mais um tijolo nessa construção coletiva. Recebam todos os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

VIEIRA, Antonio Oscar Peixoto. **A relação entre resíduos do pós-consumo e energia**: Estudo de caso de viabilidade da utilização de energia renovável em cooperativa de catadores. Rio de Janeiro, 2018. Dissertação (Mestrado profissional em Tecnologia para o Desenvolvimento Social) - Programa de Pós-Graduação de Tecnologia para o Desenvolvimento Social (PPGTDS), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Esta dissertação busca avaliar como a utilização de energia solar, por meio de um sistema fotovoltaico, pode contribuir para o enfrentamento do desafio da destinação final dos resíduos com inclusão social, procurando tornar economicamente viável uma cooperativa de catadores. Abordando simetricamente os dois temas, é apresentada uma reflexão sobre a interseção entre resíduo e energia, tratando conceitos como: eficiência energética, lixo, resíduo zero, destinação final de resíduos, cadeias da reciclagem, energia renovável, energia evitada e microgeração distribuída. Numa via, o trabalho apresenta uma síntese da política governamental que cuida dos resíduos sólidos, tomando como referência a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Na via paralela, apresenta o cenário que trata da regulamentação das políticas de energias renováveis. Em sua segunda parte, o estudo estabelece uma conexão entre a teoria e a realidade fazendo uma análise dos resultados da pesquisa de campo sobre o consumo de energia na Cooperativa *Céu Azul*, especializada em resíduos eletroeletrônicos. Como contribuição, a pesquisa dimensiona quais os equipamentos e instalações necessários para a instalação de um sistema fotovoltaico que seja alternativo ao oferecido pela concessionária de modo a permitir a redução dos gastos com energia elétrica. Também identifica as possíveis fontes de financiamento para a implantação do sistema fotovoltaico e as possibilidades da cooperativa se integrar a empreendimentos solidários de microgeração de energia.

Palavras-chave: eficiência energética, lixo, consumismo, destinação final de resíduos, cadeias da reciclagem, energia renovável, energia evitada e microgeração distribuída.

ABSTRACT

VIEIRA, Antonio Oscar Peixoto. **A relação entre resíduos do pós-consumo e energia**: Estudo de caso de viabilidade da utilização de energia renovável em cooperativa de catadores. Rio de Janeiro, 2018. Dissertação (Mestrado profissional em Tecnologia para o Desenvolvimento Social) - Programa de Pós-Graduação de Tecnologia para o Desenvolvimento Social (PPGTDS), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

This dissertation evaluate how the use of solar energy through a photovoltaic system can contribute to the challenge of the final destination of the residues, with social inclusion and seeking to make economically viable a collectors cooperative. A symmetrical approach is presented on the intersection between waste and energy, dealing with concepts such as: energy efficiency, waste, zero waste, final disposal of waste, recycling chains, renewable energy, avoided energy and distributed microgeneration. This work presents a synthesis of the governmental policy that takes care of the solid waste, taking as reference the Law of the National Policy of Solid Waste. In parallel, it presents the scenario that deals with the regulation of renewable energy policies. In its second part, the study establishes a connection between theory and practice by analyzing the results of field research on energy consumption at the Cielo Azul Cooperative, which specializes in electro-electronic waste. As a contribution, the survey stipulates which equipment and installations are necessary for the installation of a photovoltaic system that is alternative to that offered by the concessionaire in order to allow the reduction of electric energy expenditures. It also identifies the possible sources of financing for the implementation of the photovoltaic system and the possibilities of the cooperative to integrate to solidarity projects of microgeneration of energy.

Keywords: energy efficiency, waste, consumerism, final destination of waste, recycling chains, renewable energy, avoided energy and distributed microgeneration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ilha de Sapucaia.....	22
Figura 2- Garrafas PET descartadas no meio ambiente.....	32
Figura 3- Tipos de Plásticos	33
Figura 4- Formas de categorização do material.....	35
Figura 5- Sistemas Isolados (<i>Off Grid</i>).....	39
Figura 6- Sistemas Conectados à Rede (<i>Grid Tie</i>).....	39
Figura 7- Matriz energética brasileira.....	41
Figura 8- Unidade de microgeração conectada à rede.....	42
Figura 9- Sistema fotovoltaico de pequeno porte, caracterizado como microgeração.....	43
Figura 10- Sistema fotovoltaico de médio porte, caracterizado como minigeração.....	44
Figura 11- Visão aérea da cooperativa Céu Azul.....	47
Figura 12- Simulação de três localidades de acordo com as coordenadas da Céu Azul.....	52
Figura 13- Simulação para São João de Meriti.....	53
Figura 14- Camadas de um módulo fotovoltaico.....	54
Figura 15- Inversor <i>on grid</i>	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Aterro Sanitário versus Reciclagem.....	30
Quadro 2- Consumo de energia Céu Azul	48
Quadro 3- Levantamento na área escritório/administração.....	49
Quadro 4- Estimativa de consumo de energia da cozinha/refeitório.....	49
Quadro 5- Quadro de estimativa de consumo de energia do vestiário.....	50
Quadro 6- Estimativa de consumo de energia da área de produção.....	50
Quadro 7 - Cotação dos painéis fotovoltaicos.....	55
Quadro 8- Cotação de inversores <i>grid-tie</i> para um sistema conectado à rede elétrica.....	56
Quadro 9- Cálculos de Potência Gerada para um Sistema Conectado à Rede.....	56
Quadro 10- Cálculos de Custos para um Sistema Conectado à Rede.....	57

Sumário

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1 - CONCEITOS E CONTEXTOS	14
1.1 Tecnologia Social.....	14
1.2 Gestão participativa e autogestão.....	16
1.3 Economia Solidária	17
1.4 Economia Circular	18
1.5 A Política de Resíduos no Brasil: Do lixo aos resíduos.....	20
1.6 Os Catadores.....	23
1.7 A Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	25
1.8 Resíduo versus Rejeito	27
1.9 Aterro Sanitário.....	28
1.10 Usina de geração de energia	29
1.11 Reciclagem.....	29
1.12 Logística reversa	31
1.13 Resíduo Zero.....	31
1.14 As Cadeias da Reciclagem.....	32
1.15 A cadeia dos resíduos eletroeletrônicos (REEE)	34
1.16 Políticas públicas de resíduos	35
CAPÍTULO 2 - ENERGIA E RECICLAGEM	37
2.1 Conceitos e tipos de energia	37
2.2 A energia solar	38
2.3 Sistemas fotovoltaicos.....	38
2.4 A política de energia no Brasil	40
2.5 Sistema de compensação de energia elétrica	41
2.6 Características da geração distribuída no Brasil	42
2.7 Tipos de Geração Distribuída: Microgeração e Minigeração	43
2.8 O impacto da energia na reciclagem	44
CAPÍTULO 3 - O ESTUDO DE CASO	45
3.1 Sobre o processo de construção da pesquisa.....	45
3.2 A Cooperativa Céu Azul	46
3.3 A demanda de Energia	47

3.4 Potencial Solar	51
3.5 Estrutura Funcional: Módulo Fotovoltaico.....	53
3.6 Dimensionamentos de um Sistema de Geração Fotovoltaica para a cooperativa....	55
3.7 Principais vantagens.....	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS	60
GLOSSÁRIO.....	62
APÊNDICE A- Classificação de consumidores de energia elétrica no Brasil.....	63
APÊNDICE B- Modalidades de Geração Distribuída	65
APÊNDICE C- Postos Tarifários	66

INTRODUÇÃO

Um dos objetivos desta dissertação é investigar a relação entre dois temas que são grandes desafios para a sociedade contemporânea: a destinação final do lixo e a energia renovável. Para fazer uma análise dessa relação, será apresentada uma panorâmica sucinta sobre essas duas temáticas, tomando como referências os marcos legais regulatórios, considerando que o poder público tem um papel determinante para a implementação das políticas de ambos os setores.

O trabalho se inicia com um olhar sobre a situação do lixo no Brasil, mas sem a intenção de realizar um mergulho histórico aprofundado que resulte numa linha do tempo. Serão apresentados os pontos mais relevantes que resultaram no cenário atual relacionado à questão do lixo no país, tendo como principal referência a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, lembrando que antes de sua promulgação, em 2010, o lixo era tratado como um capítulo da Lei de Saneamento. Após a publicação da Lei da PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), a produção e destinação final de resíduos, com toda a sua complexidade, passa a ser vista como um tema central, merecendo um marco legal específico.

Por sua relevância sanitária, que exige um serviço público continuado que envolve as etapas de coleta, transporte e tratamento, o lixo consome volume considerável de recursos públicos, estando entre os maiores gastos do orçamento municipal. A Lei da PNRS reconhece o resíduo como um bem econômico, que deve ser aproveitado como oportunidade de produção de riqueza e promoção da inclusão social dos catadores de materiais recicláveis. Porém, para realizar de forma mais eficiente e digna esse serviço para a sociedade, os catadores precisam de instalações e equipamentos.

O avanço no processo produtivo das cooperativas, que resulte na mecanização do trabalho, antes realizado manualmente, implica diretamente no aumento do consumo de energia elétrica. Do ponto de vista da política governamental de resíduos, que parte da perspectiva de que a reciclagem deve ser a destinação final que melhor atenda ao que preconiza a Lei da PNRS, fica evidente a interdependência entre tratamento de resíduos e energia. Essa dependência é diretamente proporcional ao grau de mecanização utilizado no processo de reciclagem. Se, de um lado, existe uma preocupação de que a melhor solução para a destinação final dos resíduos seja implementada, isso nos obriga, por outro lado, a analisar a política governamental de produção, distribuição e consumo de energia. O cenário mundial que exige do Brasil o compromisso de evitar o aquecimento global aponta para

políticas governamentais que ampliem a participação das energias renováveis na matriz energética brasileira. Nesse sentido, devem ser incentivados os diversos tipos de energia renováveis, isolados e conectados à rede, e revista a política de geração e tarifação.

Esta dissertação apresenta um panorama das energias renováveis disponíveis. Trata-se de um estudo que relaciona e descreve as alternativas disponíveis, as normas de regulamentação que poderiam servir de incentivos para uma cooperativa, mas foca na geração a partir da energia solar com um sistema fotovoltaico. O trabalho avança na elaboração de um estudo técnico que projeta em que condições um sistema fotovoltaico poderia contribuir para viabilidade econômica de uma cooperativa de catadores. Este estudo de viabilidade foi realizado na Cooperativa Céu Azul, especializada em reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, adotando uma metodologia que permita sua replicação para outros tipos de cooperativas.

Considerando que a Lei da PNRS estabelece que a modelagem para a reciclagem no Brasil deve atender a aspectos sociais, ambientais e econômicos, é importante refletir sobre conceitos como: tecnologias sociais, autogestão, economia solidária, cadeias da reciclagem, energia renovável e economia circular. Discussão que será realizada no capítulo I deste trabalho.

No segundo capítulo refletiremos sobre a interseção entre reciclagem e energia no Brasil, o que, no caso das cooperativas de catadores, se acentua quando o processo de trabalho deixa de ser gradativamente manual, movido à energia humana, e se moderniza com a utilização de equipamentos e máquinas que dependem de energia elétrica.

Ao final, são apontadas alternativas que poderiam ser buscadas para que o projeto de energia solar saia do papel. O estudo visa contribuir, assim, para um avanço no enfrentamento do grave problema da destinação final dos resíduos bem como para a ampliação da matriz de energias renováveis no Brasil.

CAPÍTULO 1 - CONCEITOS E CONTEXTOS

1.1 Tecnologia Social

Considerando que um dos objetivos deste estudo é ter como beneficiárias as cooperativas de catadores, é preciso ter o cuidado para que as soluções apontadas sejam acessíveis à realidade desse tipo de empreendimento. As chamadas Tecnologias Sociais (TS) podem ajudar neste tipo de construção. A Tecnologia Social tem sido comumente compreendida como “produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social”¹. Bastante abrangente, este conceito de Tecnologia Social tem sido criticado por incluir nele desde iniciativas identificadas com a ideologia socialista até soluções paliativas oriundas de iniciativas de responsabilidade social das empresas.

Diversos estudiosos estão voltados para o entendimento da exclusão social. Há a necessidade de conceber uma tecnologia que faça frente ao contexto de marginalização das camadas mais pobres da sociedade. Esse conhecimento, novo ou já conhecido, resultou no termo Tecnologia Apropriada (TA). Ela se contrapõe à Tecnologia Capitalista ou Tecnologia Convencional (TC), identificada como a tecnologia produzida pelas empresas e para as empresas. Considerando a tecnologia como um produto, a TC reproduz a lógica do capital e se coloca disponível apenas para quem pode comprá-la. Com isso, a Tecnologia Convencional se diferencia da Tecnologia Apropriada, na medida em que esta tem como identidade a inclusão social.

Por adotar metodologias de trabalho especialmente concebidas para combinar capacidades e iniciativas comunitárias (novas ou já existentes), a Tecnologia Apropriada revela identificação com os setores da economia solidária como: a pesca artesanal, agricultura familiar, habitação popular, energias alternativas, reciclagem de resíduos, produção e conservação de alimentos, entre muitas outras. A conceituação de Tecnologia Social (TS) resulta da revisitação da Tecnologia Apropriada (TA) e vai ganhando forma ao se contrapor à Tecnologia capitalista Convencional (TC). Dagnino ressalta que

de um modo geral, a tecnologia convencional pode ser definida a partir de um conjunto de características (relativas a seus efeitos sobre o trabalho, à sua escala de produção ótima, aos seus efeitos sobre o meio ambiente, às características dos insumos utilizados na produção, ao ritmo da produção, ao tipo de controle exercido

¹ Fonte: www.rts.org.br Visitado em 05/06/2016

sobre os trabalhadores, etc.) que a distingue da tecnologia social (DAGNINO, 2004 apud 2009, p.18).

A TC se caracteriza por ser inerentemente poupadora de mão de obra (o que pode ser verificado na constante substituição do trabalho humano por trabalho morto). Neste tipo de tecnologia, se impede que o produtor direto exerça controle sobre a produção, alienando-o e suprimindo sua criatividade. Se exige a posse privada dos meios de produção, tendo como objetivo principal a maximização da produtividade a fim de acumular capital, sem a preocupação se haverá efeitos negativos sobre o nível de emprego. A TC é irradiada pelas empresas dos países desenvolvidos para empresas dos países subdesenvolvidos, definindo padrões que são orientados pelos mercados dos países com alta renda ou para a elite dos países subdesenvolvidos. Deste modo:

A TC reforça a dualidade capitalista, submetendo os trabalhadores aos detentores dos meios de produção e países subdesenvolvidos a países desenvolvidos, perpetuando e ampliando as assimetrias de poder dentro das relações sociais e políticas. Nesse sentido, a TC pode ser vista como um elemento que provoca a gradual erosão da democracia. A TS tem, como um de seus objetivos, justamente reverter essa tendência colocada pela tecnologia capitalista convencional. (NOVAES & DIAS, 2009, p.18).

Comprometida em se contrapor à exclusão, a TS tem como um de seus objetivos justamente reverter essa tendência colocada pela tecnologia capitalista convencional. A TS se adapta a pequenos produtores e consumidores de baixo poder econômico e não promove o controle capitalista, que segmenta, hierarquiza e domina os trabalhadores. É uma tecnologia orientada para a satisfação das necessidades humanas, para produção de valores de uso e para o incentivo ao potencial e a criatividade do produtor direto e dos usuários, sendo capaz de viabilizar economicamente empreendimentos como cooperativas populares, assentamentos de reforma agrária, agricultura familiar e pequenas empresas. Em resumo, podemos concluir que, enquanto a tecnologia capitalista convencional é funcional para a grande corporação (em especial para as grandes empresas multinacionais), a tecnologia social aponta para a produção coletiva e não mercadológica. Com isso, podemos afirmar que existe uma potencial identidade entre tecnologia social e economia solidária. No caso deste estudo, cujos beneficiários são cooperativas, estamos tratando de empreendimentos econômicos solidários.

1.2 Gestão participativa e autogestão

Importante salientar que a atividade de reciclagem, principalmente considerando suas etapas preliminares de coleta, segregação e comercialização, é uma atividade coletiva. No seu processo de formalização, exigido para que sejam beneficiários de políticas públicas, ou mesmo para acesso a crédito e abertura de conta em banco, os catadores têm se organizado em forma de cooperativas ou associações. Do mesmo modo, as políticas públicas que visam à inclusão dos catadores preveem sua organização em associações e cooperativas. Estes empreendimentos tendem a ser autogestionários, buscando funcionar de forma democrática e participativa. Nas cooperativas, a ideia é que os próprios trabalhadores possam definir sua forma de funcionamento, em favor do interesse coletivo.

Proudhon (1998) fazia a distinção entre a propriedade utilizada para a tirania ilegítima e a propriedade utilizada para proteger a liberdade. Ele adotou o termo mutualismo, que implicava no controle dos meios de produção pelos trabalhadores e que influenciou na adoção do termo autoadministração dos trabalhadores, também chamada autogestão. Já Fernando Prestes Motta (1981), em “Burocracia e Autogestão” afirma que vivemos numa sociedade que valoriza a hierarquia, a disciplina e a obediência, sendo as regras estabelecidas pela burocracia. As regras seriam necessárias não apenas para o funcionamento das organizações, mas também da sociedade como um todo. Seria natural a harmonia entre dirigentes e dirigidos, capital e trabalho, produtor e consumidor, cidadãos e governos. Nesse modelo hierárquico de poder a burocracia é naturalmente identificada com a heterogestão, tendo como única alternativa radical a autogestão. Tema central do livro, a autogestão vai sendo formulada como forma de crítica ao poder, à autoridade, ao Estado, à propriedade, ao monopólio capitalista, ao monopólio estatal, à opressão, ao governo, enfim, a todo tipo de exploração do homem pelo homem.

No campo da moderna administração, Cláudio B. Gomide de Souza (2001) afirma que a gestão participativa, “entre outras condições, é entendida como uma relação contratual pactuada” (p.24). A gestão participativa, enquanto cultura organizacional, requer a compreensão comum de conceitos e operações fundamentais, entre eles, aqueles associados às funções de planejamento, avaliação e controle. Vê-se que a autogestão, preconizada por Proudhon e mesmo por Fernando Motta, não se compatibiliza com a gestão participativa da administração, seja ela privada ou pública. Na empresa a gestão participativa é aplicada com a intenção de melhorar seus processos de produção, buscando torná-la mais competitiva e se consolidar no mercado procurando ampliar e fidelizar os clientes.

1.3 Economia Solidária

A economia solidária foi se constituindo, enquanto movimento social, em um cenário no qual a atividade econômica é regida pela lógica do mercado. Isto inclui as regras que normatizam as relações entre patrão e empregado, que ao estarem submetidas ao lucro não conseguem atender a necessidade de emprego para todos. A crescente automação dos processos produtivos, na contínua busca de aumentar a escala de produção, resulta na redução dos postos de trabalho.

Na economia solidária não há separação entre capital e trabalho. Nela, o trabalho associado privilegia a cooperação ao invés da competição e o trabalho emancipado e emancipatório, por meio da autogestão, é um exercício cotidiano de aprendizado. A ação econômica tem como foco as pessoas e não o capital. A solidariedade se concretiza na distribuição justa dos resultados, na preocupação com o bem-estar de todos os envolvidos, nas relações com a comunidade, com o consumo responsável, que busca um desenvolvimento sustentável. A economia solidária não se restringe a nenhum setor específico e quem a pratica não precisa conhecê-la, como ocorre com as comunidades tradicionais. Na luta por ser reconhecida e apoiada pelo Estado a Economia Solidária tem se constituído como um movimento social.

No Brasil, o reconhecimento pela gestão pública, em nível federal, acontece a partir da criação, em 2002, da Secretaria Nacional da Economia Solidária (Senaes). Na construção da sua identidade, o Fórum Brasileiro de Economia Solidária, instância organizativa reconhecida do movimento, realizou de forma autogestionária cinco plenárias nacionais. Dentre os muitos desafios que precisam ser enfrentados estão as dificuldades em caracterizar ou traçar uma identidade clara sobre o próprio fenômeno da economia solidária, levando diversos atores que fazem, praticam e organizam suas atividades sociais e econômicas a partir de princípios econômicos solidários ainda não se reconhecerem nessa organização. Conceitualmente, as cooperativas integram o campo de economia solidária, pois têm como fundamentos a autogestão, o sentimento comunitário, a reciprocidade e a organização democrática. Para Singer (2002), os empreendimentos solidários desenvolvem-se à base de dois princípios fundamentais: igualdade no poder e participação econômica.

No Brasil, diferente de outros países que possuem organismos nacionais que monitoram o funcionamento das cooperativas, tem-se um conhecimento restrito das atividades do cooperativismo tradicional. As discordâncias existentes em torno das concepções políticas

se evidenciam na recente aprovação da Lei nº. 12.690, de 19 de julho de 2012, que cria, finalmente, um marco regulatório para as cooperativas de trabalho, talvez, abrindo um novo tempo para esse setor que busca diferenciar as chamadas cooperativas tradicionais, de caráter empresarial, e as chamadas cooperativas que compõem o campo da economia solidária.

1.4 Economia Circular

Primeiramente, cabe observar o fenômeno recente no qual a economia tem recebido vários adjetivos. Dentre eles os mais usuais são: economia verde, economia criativa, economia de comunhão e economia circular. Embora tenham a intenção de buscar uma identidade que as diferenciem, constatamos, que à exceção da economia solidária, todas reproduzem a lógica e os princípios da economia de mercado. Nelas as relações de trabalho continuam sendo baseadas na hierarquia entre patrão e empregado, na heterogestão e na competição. Considerando que o objeto do nosso estudo está diretamente ligado à reciclagem, vamos focar na economia circular. Este conceito de economia busca “criar padrões produtivos circulares nos quais os processos de produção se utilizam de materiais secundários recuperados em processos de reciclagem, abandonando os processos lineares de produção realizados com matérias primas extraídas da natureza” (ARAÚJO & VIEIRA, 2017, p.1).

Esse modelo pode ser aplicado atendendo apenas à lógica ambiental e econômica, seguindo as regras da economia de mercado ou pode se comprometer com os aspectos que valorizam o trabalho ao invés do capital, atendendo aos princípios da economia solidária. O crescente reconhecimento pelos governos da relevância da economia circular se dá não só pelo seu impacto na geração de novos empregos e pelo aumento do valor agregado na economia e de impostos, mas também pela redução dos impactos ambientais da produção primária extrativista (mineração, exploração de petróleo e outros) que deixando de ser realizada gera créditos ambientais.

Os catadores de matérias reutilizáveis e recicláveis historicamente desempenham um papel fundamental na implementação da economia circular no Brasil. Todos inicialmente trabalhavam de forma individual nas ruas e nos lixões. Atualmente, boa parte se organiza como um empreendimento econômico solidário, embora nem sempre se reconheçam como tal, na forma de cooperativa ou associação. O trabalho dos catadores consiste em coletar, classificar e comercializar o que é descartado, encaminhando o material para a próxima etapa da cadeia produtiva da reciclagem. Dados de pesquisa apresentados por Freitas e Fonseca

(2012) apontam para um exército de 400 a 600 mil catadores de materiais recicláveis no Brasil, com pelo menos 1.100 organizações coletivas de catadores em funcionamento em todo o país.

É importante ressaltar a organização política dos catadores, que surge em meados de 1999 a partir do Movimento Nacional dos Catadores(as) de Materiais Recicláveis (MNCR). Ao cobrar participação do catador na formulação das políticas para o setor, o MNCR, articulado com outras organizações e movimentos sociais, influenciou de forma determinante a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos². Dentre os princípios contidos na PNRS, resultante dessa pressão feita pelo movimento, está o “reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania”; a “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos” e o conceito de poluidor-pagador que fundamenta a logística reversa.

A PNRS deu ao Brasil um avançado marco legal para a gestão de resíduos sólidos, criando condições bastante favoráveis para o florescimento da Economia Circular com uma lei que prevê estímulos para que diferentes atores, do gerador até a indústria, se sintam motivados a estruturar a reciclagem, que é a base da economia circular. Embora a Lei seja um instrumento importante, por si só não é suficiente. Poderosos interesses econômicos vinculados à destinação final dos resíduos para aterros sanitários influenciam as eleições municipais. Os prefeitos eleitos com esse tipo de financiamento, como contrapartida perpetuam essa solução. Somente a participação da sociedade, cobrando dos governantes, é que possibilitará que a Lei da PNRS não fique apenas no papel, garantindo que recursos naturais não sejam desperdiçados causando impactos ambientais e na saúde humana. A experiência europeia demonstra que objetivos e metas graduais devem ser perseguidos com diferentes instrumentos, tanto regulatórios quanto econômicos, como a taxa progressiva para os resíduos enviados para aterros, e, mais recentemente, também para os que são enviados para incineração.

² Lei nº 12.305/10

1.5 A Política de Resíduos no Brasil: Do lixo aos resíduos

Em épocas remotas os homens eram minoritários em relação aos outros seres. O lixo que geravam não representava maior risco, pois, sendo nômades, os dejetos produzidos não se acumulavam. O vestuário e o alimento vinham da caça e da pesca. Quando a comida começava a ficar escassa, nossos antepassados se mudavam para outra região. Os seus "lixos", predominantemente orgânicos, deixados no meio ambiente, eram logo decompostos pela ação do tempo.

Em seu processo de “evolução”, o homem passa a produzir apetrechos que tinham maior durabilidade e não se decompunham naturalmente. Com a descoberta do fogo, se dá início à produção de ferramentas, apetrechos para cozinhar, vasilhas para armazenar alimentos e água. Por volta de 4.000 ac começa a se desenvolver a agricultura e o estabelecimento de moradias fixas dando origem às primeiras aldeias. Em paralelo à construção de casas, há também um processo de domesticação e criação de animais. Com a concentração humana, a produção de esgoto e lixo foi aumentando e se acumulando. Mas durante um longo período, os transtornos gerados pelos dejetos humanos não eram vistos como um problema. Somente a partir do final do século XIX, as cidades passaram a contar com as primeiras empresas de serviço voltadas para lixo e esgoto³.

A partir da revolução industrial, quando se acentuou a concentração de moradias nas cidades, o conseqüente aumento da população humana leva à compreensão do descarte do lixo como um problema de saúde pública, mas ainda sem merecer maior atenção. Nessa época de deslumbramento com a mecanização da produção em série de bens de consumo o que interessava era o desenvolvimento. Não existia preocupação com as suas conseqüências, pois não havia o conceito de meio ambiente.

Este cenário começa a mudar a partir da segunda metade do século XX. Com as conseqüências visíveis do crescimento desordenado, a humanidade passou a preocupar-se com o planeta onde vive. Fatos como o buraco na camada de ozônio e o aquecimento global da Terra despertaram a população mundial sobre o que estava acontecendo com o meio ambiente. Nesse "despertar", a geração e destinação final do lixo foi diagnosticada como uma das responsáveis por esses problemas. Ao mesmo tempo, há os que afirmam que a quantidade e tipo de lixo de uma cidade é um dos indicadores de riqueza de seus cidadãos.

³ Fonte: <http://www.geocities.ws/ramos.bruno/academic/reciclagem.pdf> Visitado em 08/07/2018

Sua presença é sinal de que um país está crescendo, gerando riqueza e comprova que as pessoas estão consumindo mais. Ao consumirem mais, há um aquecimento da economia, gerando empregos, que, por sua vez, geram renda, o que possibilita mais consumo.

Entretanto, esse modelo de desenvolvimento traz um efeito colateral, pois quanto maior o consumo, maior a quantidade de lixo produzido. Simultaneamente, ao se aumentar a quantidade de novas tecnologias no processo de industrialização, o problema se torna ainda mais grave por conta da mudança nas características do lixo. Até a metade do século passado, a composição do lixo era predominantemente de matéria orgânica, resultante dos restos de comida. Com o avanço da tecnologia nas diferentes áreas da indústria, materiais como plásticos, isopores, pilhas, baterias de celular e lâmpadas se fizeram cada vez mais constantes na coleta. A busca do conforto, propiciado pelas facilidades da vida moderna, resultou em importantes mudanças de hábitos. Até cerca de 1950, por exemplo, os bebês utilizavam fraldas de pano e, no dia a dia as pessoas usavam embalagens retornáveis. Hoje, os bebês usam fraldas descartáveis, tomam sopa em potinhos de vidro, que são jogados fora, e bebem leite envasado em embalagem longa vida.

Ao longo do processo de higienização das cidades, as soluções para dejetos humanos e para o lixo foram se distanciando cada vez mais da forma ideal. Enquanto, os primeiros passam a ser tratados pelo saneamento, o segundo é recolhido pelos serviços de limpeza urbana. Neste estudo focaremos no lixo, que na atualidade ganhou contornos públicos inusitados, não só pela crescente quantidade produzida, mas também pelos impactos ambientais que ocasiona e pelos custos elevados que acarreta ao contribuinte.

O Brasil é um país continental que se desenvolveu de forma desigual em suas diversas regiões. Por esta razão não há como estabelecer um panorama único sobre a limpeza urbana nacional. Tomei como referência a história da limpeza urbana do Rio de Janeiro, considerando que foi a capital do império e da república. Um fato marcante no processo de desenvolvimento da limpeza urbana na cidade foi a implantação, em 1864, de um sistema de esgoto na cidade, por meio de uma companhia inglesa – a “The Rio de Janeiro City Improvements Company Limited”.

Já neste momento se inicia uma especialização na limpeza urbana, que separa os dejetos humanos do lixo. O recolhimento do lixo e sua destinação passaram a ser feitos ora pela contratação de firmas particulares, ora com a organização de serviços públicos. Ambas as alternativas, que tinham como finalidade a garantia da limpeza urbana, esbarravam em inúmeros entraves técnicos, administrativos, financeiros e de costumes da população. As empresas privadas apresentavam uma qualidade instável dos serviços prestados à cidade.

Depois de várias tentativas, o Rio de Janeiro, em 1901, criou a Superintendência de Limpeza Urbana, que ainda se mostrou incipiente na coleta do lixo produzido na cidade. Em 1940, foi criada a Diretoria de Limpeza Urbana (DLU), que em 1975 se transformou na Companhia de Limpeza Urbana (Comlurb). Todo o lixo do Rio de Janeiro, do período de 1865 até cerca de 1950, teve como destino a Ilha de Sapucaia, figura 1, correspondente hoje à área da Reitoria, do Parque Tecnológico do Rio e da Vila Residencial da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Figura 1 - Ilha de Sapucaia⁴



A partir de então, o lixo passa a ser levado para o aterro do Retiro Saudoso (Caju), do Amorim e de Cavalcanti (Marechal Hermes). Apenas no final da década de 70 a cidade do Rio de Janeiro passou a enviar seu lixo para o município de Duque de Caxias, o que ocorreu até o ano de 2012, quando o aterro foi encerrado.

Cabe ressaltar que este aterro estava localizado em um manguezal, pois nessa época não havia a consciência sobre a importância da preservação dessas áreas. A cidade do Rio de Janeiro já utilizou várias formas de disposição final de lixo como: lançamento direto ao mar e lagoas, lixões, incineradores, aterro, usinas de triagem e compostagem. Todos os locais

⁴ Fonte: Álbum 102 Flotilha de Aviões de Guerra, 1916–1923. Foto 47484.

oficiais utilizados para tratamento e disposição final de lixo sempre seguiram uma lógica: o distanciamento do aglomerado urbano e sua localização em áreas periféricas da cidade. Atualmente, o lixo do município do Rio de Janeiro vai para um aterro sanitário no município de Seropédica.

1.6 Os Catadores

O desenvolvimento tecnológico e a concentração humana nas cidades levam a uma crescente quantidade de lixo presente nas áreas urbanas. Esse grande volume chama atenção não só pelos impactos ambientais que ocasiona, mas também pelos custos elevados que são arcados exclusivamente pela administração pública municipal, que, constitucionalmente, é responsável pela limpeza urbana. Em um contexto em que nem todos têm oportunidade de trabalho e os produtos têm menor durabilidade com crescente número de embalagens descartáveis, surgem os catadores. Em 1806, o jornal do Comércio já noticiava a presença de catadores nas Ilhas de Sapucaia e do Bom Jesus, na Baía da Guanabara, para onde foi levado, por décadas, o lixo do Rio de Janeiro, demonstrando como estes trabalhadores estão presentes há muitos anos nas cidades. Os catadores são parte de uma possível solução para a limpeza urbana e possibilitam o reaproveitamento daquilo que é jogado fora, mas que ainda pode ter valor.

Merecem destaque as diferenças entre moradores de rua e catador. Por estar excluído do sistema econômico, realizando atividades desvalorizadas pela sociedade e, muitas vezes, ser visto como alguém descuidado com a própria aparência, o catador é comumente confundido com um morador de rua ou pedinte, o que produz uma série de estigmas relacionados a este tipo de identificação. Contudo, para além da aparência, há enormes diferenças: os moradores de rua, chamados de “mendigos”, estão na posição de pedintes, enquanto que o catador está trabalhando. O “mendigo” se coloca, desse modo, como dependente da caridade alheia, enquanto o catador está trabalhando, prestando um serviço para a sociedade. Apesar dessas distinções, ambos são alvo de visões e políticas estigmatizantes.

O catador é quem, em condições impróprias, realiza um trabalho que vai permitir alimentar com insumos as cadeias da reciclagem. Entre os catadores, cabe destacar a diferença entre os que trabalham na rua puxando carroças chamadas “burro sem rabo”, termo pejorativo que retrata a visão da sociedade sobre esses trabalhadores, e os que atuam diretamente nos lixões, vazadouros e nos aterros controlados. Também merece destaque a diferença existente

entre os catadores isolados e os que trabalham de forma coletiva, como grupo informal ou formalizados, em cooperativas ou associações. O processo de reconhecimento do trabalho dos catadores e de apoio para que eles possam se organizar coletivamente tem um papel relevante no sentido de lhes garantir maior dignidade profissional e mesmo de contribuir para a melhoria de seus ganhos. Com a criação do *Fórum Lixo e Cidadania* um passo importante foi dado nesse sentido. Criado em junho de 1998, por iniciativa do Fundo das Nações Unidas para a Infância- UNICEF, o *Fórum Nacional Lixo e Cidadania* foi motivado por uma pesquisa realizada pela instituição que mostrava que 45 mil crianças viviam no lixo.

Diante desse cenário, o Fórum organizou a campanha “Criança no Lixo Nunca Mais” com o objetivo de mobilizar a sociedade brasileira a se indignar e buscar soluções para esse problema. O Fórum constitui-se em espaço de articulação composto por instituições – órgãos públicos federais, organizações não-governamentais, o ministério público, igrejas e pessoas empenhadas em erradicar o trabalho de crianças e adolescentes com o lixo. Trata-se de um espaço que busca apoiar e fortalecer o trabalho dos catadores com a coleta seletiva, a reutilização, a reciclagem e a erradicação dos lixões, recuperando as áreas já degradadas e implantando aterros sanitários.

Articulado desde meados de 1999, o Movimento Nacional dos Catadores(as) de Materiais Recicláveis (MNCR) foi oficializado no I Congresso Nacional dos Catadores(as) de Materiais Recicláveis em Brasília, que aconteceu em junho de 2001. Desde então, o movimento tem mobilizado diversos trabalhadores e já apresentou ao Congresso Nacional um anteprojeto de lei que regulamenta a profissão de catador de materiais recicláveis, hoje incluída no Código Brasileiro de Ocupações do Ministério do Trabalho. Outra bandeira defendida pelo MNCR é o fim dos lixões e a reciclagem feita pelos catadores. Organizados nacionalmente, muitos catadores afirmam estar conscientes da sua cidadania e da importância do trabalho que realizam. Eles defendem que o Estado e a sociedade brasileira não têm condições de negar o valor do trabalho realizado pelos catadores e lutam para alcançar maior autonomia do movimento, se comprometendo a trabalhar cotidianamente pela erradicação do trabalho infantil, concentrando esforços a serviço da preservação ambiental e da construção de uma sociedade mais justa.

Essa articulação entre os Fóruns *Lixo e Cidadania* e o MNCR trouxe como resultado a busca das prefeituras pela integração das organizações de catadores nos sistemas de coleta seletiva do município, tanto no recolhimento como na triagem dos materiais. Hoje, no Brasil, o trabalho dos catadores, organizados ou não, tem grande impacto nas cadeias da reciclagem. Os cálculos apontam os catadores como responsáveis por cerca de 60% do que é reciclado no

país, de acordo com a Classificação Brasileira de Ocupações- CBO⁵. Paralelamente, a aliança do *Fórum Lixo e Cidadania* e MNCR também resultou numa grande vitória política, que permitiu aos catadores influenciarem a versão final da Lei 12.305 de 2010, marco legal que define a política de resíduos sólidos no país.

1.7 A Política Nacional de Resíduos Sólidos

Historicamente vinculado ao saneamento, devido a sua crescente dimensão e complexidade, o lixo requereu uma atenção especial que resultou numa legislação específica. Após mais de duas décadas tramitando no congresso nacional foi aprovada no Brasil uma lei exclusivamente voltada à problemática dos resíduos sólidos. Sua formulação teve início no ano de 1989, com o Projeto de Lei do Senado Federal Nº 354/89, que dispunha sobre o acondicionamento, a coleta, o tratamento, o transporte e a destinação final dos resíduos de serviços de saúde. Fruto de uma ampla discussão envolvendo diferentes atores da sociedade, o Congresso aprovou em agosto de 2010 a lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A PNRS serve como instrumento para orientar as ações estratégicas na área ambiental a fim de garantir resultados significativos para um desenvolvimento ambientalmente sustentável e socialmente justo. A PNRS é abrangente, estando sujeitas à sua observância as pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado. A primeira inovação da lei foi a diferenciação entre lixo e resíduo, que durante muito tempo foram considerados sinônimos. As políticas de saneamento, tradicionalmente focadas nos aspectos higienistas, não analisavam as causas e muito menos consideravam os potenciais benefícios ambientais, econômicos e sociais do reaproveitamento dos resíduos.

A PNRS determina que todos os entes da federação elaborem de forma participativa o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS), garantindo a participação social tanto na sua formulação como no seu monitoramento. Contudo, cabe destacar que entre os entes federativos é sobre os municípios que recai o maior número de deveres, pois são eles os detentores de competência constitucional para realização de serviços locais, dentre eles o de limpeza urbana. Os PGIRS, segundo a lei, correspondem ao conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos e disposição final dos rejeitos, de acordo com o

⁵ Para mais informações, ver: <http://www.ocupacoes.com.br/> Acessado em 03/05/2018

Plano Municipal ou com o plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei da PNRS. O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos exigido da iniciativa privada precisa incluir: identificação, inventário, amostragem (NBR 10007), classificação (NBR 10004) (ABNT, 2004) alternativas de destinação, transporte, tratamento, reutilização, reprocessamento, reciclagem, disposição, valoração dos resíduos e validação do projeto pelos órgãos ambientais.

A PNRS estabelece a noção de responsabilidade compartilhada, que corresponde

ao conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010)⁶.

Desta forma,

o poder público deve planejar, o setor produtivo deve reduzir os impactos ambientais na produção, e ainda recolher seus produtos após o uso, e os consumidores devem buscar diminuir o consumo e separar o lixo para a coleta seletiva (PEREIRA, 2011)

Na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o lixo (resíduos sólidos) que produzimos é um problema ambiental e, como tal, não pode ser compartimentado a apenas uma entidade ou pessoa. O ambiente ao mesmo tempo que é direito e bem de uso comum é também responsabilidade de todos. A PNRS envolve toda a sociedade e estimula que através da reciclagem sejam criados negócios inclusivos e solidários que promovam a inclusão social. Chama à responsabilidade produtores e consumidores finais para que reduzam e se comprometam com o reaproveitamento de resíduos através da coleta seletiva.

A valorização e inclusão social dos catadores de materiais recicláveis é um dos pontos mais relevantes da PNRS, pois demonstra o reconhecimento desses profissionais como agentes fundamentais nos sistemas municipais de coleta seletiva. Trata-se de uma perspectiva que ressalta e reconhece o resíduo sólido como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania.

Para a PNRS, a inclusão dos catadores merece foco especial nos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos, pois servirá para complementar os programas de saneamento, reforçando a garantia de direitos, promovendo a proteção social e gerando oportunidades de inclusão social qualificada e de cidadania. Os setores produtivos que gerenciam eficazmente os seus resíduos também serão beneficiados pela PNRS, que prevê, por meio do Comitê Interministerial, a proposição de medidas que visem à desoneração

⁶ Informações referentes à Lei nº 12.305/10

tributária para produtos recicláveis e reutilizáveis, além de linhas de créditos em instituições financeiras federais.

1.8 Resíduo versus Rejeito

Antes de analisar cada uma das possíveis destinações dos resíduos: aterro sanitário, usinas de geração de energia e reciclagem, cabe considerar o que estabelece a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos em seu capítulo II e artigo terceiro nos incisos XV e XVI. A Lei faz uma distinção importante entre rejeito e resíduo que está relacionada à possibilidade de reaproveitamento. Rejeito é definido como “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”.

A Lei considera resíduo todo

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a 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 particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

A Lei da PNRS reconhece as três possibilidades de destinação final, mas acentua que só deve ser destinado para o aterro os rejeitos, que se resumem aos materiais que não podem ser reciclados. Os resíduos provenientes das atividades humanas são gerados no processo de fabricação dos produtos – pré- consumo ou depois de serem consumidos. Sua fabricação se dá a partir da extração de recursos naturais, classificados como matérias primas primárias ou de materiais recuperados e processados após as etapas da reciclagem, chamadas matérias primas secundárias.

O gerenciamento de resíduo na etapa pré-consumo é mais simples por estar concentrado no local da produção, sendo mais facilmente separado por suas características físicas ou químicas. Sendo produzido em volume considerável é facilitada a logística para sua inserção na cadeia da reciclagem e, conseqüentemente, o retorno ao processo produtivo. A Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos determina que as indústrias e as organizações tenham um Plano de Gerenciamento de Resíduos, o que se torna uma exigência para o licenciamento de instalação e operação. Dessa forma é possível a fiscalização identificar o responsável por sua geração e o controle da sua destinação. Já os resíduos pós-consumo que

são gerados depois de serem comercializados, constituídos principalmente por embalagens, tendem a ficar mais dispersos o que dificulta em muito o seu gerenciamento e controle.

O grande desafio para a recuperação e reciclagem dos resíduos pós-consumo, mais do que técnico é logístico. Pela quantidade, variedade e dispersão é necessário o envolvimento dos geradores, dos consumidores, dos diferentes atores das cadeias da reciclagem e do poder público municipal. Nesse sentido, a PNRS adota o conceito de responsabilidade compartilhada, para comprometer geradores e consumidores com a destinação ambientalmente correta por meio da logística reversa. Feita a distinção entre resíduo e rejeito, verificamos que são três as alternativas possíveis para a destinação do que é descartado pela sociedade: aterro sanitário, usinas de geração de energia e a reciclagem, sobre as quais falaremos a seguir.

1.9 Aterro Sanitário

Os aterros sanitários representam uma evolução em relação a uma prática antiga de jogar o lixo em uma área afastada daquela em que há concentração de moradias. São os popularmente chamados “lixões”, onde não há nenhum controle do que está sendo destinado. Quando essas áreas tinham algum controle sobre os materiais recebidos e era feita uma cobertura de terra, passavam a ser denominadas “aterros controlados”. Mas como não haviam sido previamente planejadas e preparadas para processar o lixo, o controle do que estava sendo destinado não evitava problemas ambientais, tais como a emissão de gases e a contaminação do solo pelo chorume, líquido resultante da decomposição da matéria orgânica que ao penetrar no solo contamina o lençol freático.

Para evitar esses danos ambientais, o aterro sanitário surge como obra de engenharia, impermeabilizando o solo, canalizando os gases produzidos e tratando o chorume. Em comparação com o lixão e o aterro controlado, embora tecnicamente mais sofisticado, o aterro sanitário reproduz a prática de enterrar o lixo. Se do ponto de vista ambiental, o aterro sanitário é muito melhor que o lixão, do ponto de vista econômico, ele continua sendo um desperdício na medida em que segue enterrando materiais que reciclados serviriam como matéria prima. Além disso, o aterro sanitário representa um pesado ônus econômico que a grande maioria dos municípios não consegue arcar, pois faltam recursos para a implantação e operação de um aterro sanitário próprio.

A solução do aterro sanitário consorciado para atender um grupo de municípios, em razão dos custos da logística, tem se mostrado inviável economicamente, principalmente para

os municípios que ficam mais distantes do local onde está instalado o centro de tratamento de resíduos. Como resultado dessas dificuldades, tem se observado um processo de ressurgimento dos lixões.

1.10 Usina de geração de energia

Uma das alternativas para destinação dos resíduos é a geração de energia. O processo de geração pode utilizar os resíduos orgânicos, dando como produto o gás metano, ou a partir da queima do lixo seco gerando energia elétrica. A alternativa de queima do lixo seco apresenta como dificuldade o alto investimento exigido e os impactos ambientais gerados. Também devem ser considerados os custos de logística, principalmente para os municípios mais distantes. Além disso, é preciso realizar estudos para verificar se a energia gerada será maior que a economia de água e energia obtida pela reciclagem dos materiais. Soma-se a isso o fato de que a queima desses materiais reduz os benefícios sociais que a reciclagem geraria. Por essas razões, a usina de geração de energia a partir da queima de materiais recicláveis tem sido uma opção pouco utilizada no Brasil.

1.11 Reciclagem

A reciclagem é o processo pelo qual resíduos de produtos que já foram consumidos e objetos que seriam descartados no meio ambiente, por serem considerados inutilizáveis, são reinseridos no ciclo produtivo por meio da sua utilização como matéria-prima para a fabricação de novos produtos. Existem vários tipos de processo de reciclagem, variando de acordo com o material a ser reaproveitado. Conceitualmente, a reciclagem é um processo de transformação aplicado a materiais que podem voltar ao estado original, transformando-se em produtos iguais em todas as suas características. Este processo permite reduzir o consumo de matérias-primas, de utilização de energia e a poluição do ar e da água, ao reduzir também a necessidade de tratamento convencional de lixo e a emissão de gases do efeito estufa.

A prática da reciclagem teve seu início na década de 1940, período que ficou marcado pela Segunda Guerra Mundial, que ocasionou uma desestruturação no cenário econômico da época. Materiais como papel, borracha, tecidos e alumínio tornaram-se extremamente escassos, obrigando a indústria de matéria-prima a pensar em novas alternativas para sua obtenção. A partir desse momento, começaram a surgir campanhas do governo incentivando a população a doar seus resíduos para serem reaproveitados nas indústrias. Após o fim da

guerra, o mundo sofreu uma intensa transformação econômica com a ascensão do capitalismo e o surgimento de novas tecnologias que maximizaram os processos de produção. Essa transformação causou um enorme impacto nos níveis de consumo, que cresceram exponencialmente na década de 1950. Assim, quando um bem não era mais necessário era descartado e substituído. As indústrias consumiam cada vez mais matéria-prima e causavam efeitos cada vez maiores nos locais onde estivessem instaladas.

Nos anos que se seguiram, com este novo panorama de prosperidade econômica, não fazia sentido guardar ou reutilizar, pois novos produtos surgiam a todo o momento, ofertados a preços acessíveis. Na década de 1970, a introdução dos produtos descartáveis no mercado norte-americano trouxe graves problemas para a eliminação dos resíduos, trazendo à tona uma grande discussão sobre formas de buscar um equilíbrio entre produção e consumo, ocasionando também uma preocupação com a questão da reutilização.

Atualmente, a reciclagem é um componente essencial da gestão de resíduos moderna, sendo o terceiro componente da hierarquia dos resíduos "reduzir, reutilizar e reciclar". No quadro 1 vemos um comparativo entre duas destinações finais: aterro sanitário e coleta seletiva solidária:

Quadro 1- Aterro Sanitário versus Reciclagem

Coleta tradicional	Coleta seletiva solidária
Acentua a deseducação ambiental	Promove a educação ambiental
Induz à alienação ambiental	Desenvolve a consciência ambiental
Agrava o aquecimento global	Reduz o aquecimento global
Degrada áreas virgens	Evita que áreas virgens sejam degradadas
Limita a geração de postos de trabalho	Cria novos postos de trabalho
Perpetua a exclusão social dos catadores	Promove a inserção social dos catadores
Alto custo global para o cidadão	Menor custo global para o cidadão
Reduz o tempo de vida do aterro	Aumenta o tempo de vida do aterro
Desvaloriza os bairros próximos ao aterro	Cria oportunidade de negócios nos bairros
Enterra matéria prima secundária	Gera matéria-prima secundária
Impede a formação da cadeia produtiva	Viabiliza a criação das cadeias produtivas
Impede a criação de negócios	Promove a criação de negócios
Política concentradora de riqueza	Política de distribuição de riqueza
Política de exclusão social	Política de inclusão social
Política de degradação ambiental	Política de preservação ambiental
Promove o atraso socioeconômico	Promove desenvolvimento sócio- econômico

Quadro 1 – Adaptado pelo autor.

1.12 Logística reversa

É entendida como o conjunto de ações e procedimentos destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial que o gerou, visando seu reaproveitamento e/ou tratamento, ou, não sendo esta possibilidade viável, seu envio para outra destinação final ambientalmente adequada. Estão obrigados a estruturar e implementar o sistema de logística reversa os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista e produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Para atender ao princípio da PNRS, referente ao poluidor pagador, a obrigatoriedade será gradativamente estendida às embalagens plásticas, metálicas ou de vidro dos produtos comercializados. Os beneficiários da produção e comercialização dos produtos passam a ter responsabilidade pela embalagem do pós-consumo, proporcional ao grau e à extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados, cabendo contribuir para o seu recolhimento a fim de que essas embalagens sejam reinseridas nas cadeias da reciclagem. A logística reversa adotará como instrumentos os acordos setoriais firmados com o poder público, numa proposta de busca pela sustentabilidade. Importante salientar que nos sistemas de logística reversa dos setores produtivos, a parceria com municípios é desejável, mas eles poderão funcionar de forma independente do sistema de coleta e tratamento de lixo urbano.

1.13 Resíduo Zero

No momento em que um produto feito pelo homem é descartado, torna-se necessário decidir qual será sua destinação final. Dependendo do material utilizado, um produto ou sua embalagem pode levar centenas de anos para se decompor. O conceito de resíduo zero surge nos anos 70 tendo como referência os ciclos naturais de vidas eficientes e sustentáveis em que tudo é transformado em outros recursos, sem sobras⁷.

Este conceito parte do princípio de que tudo que o homem criou poderá ser recuperado para ser reutilizado ou transformado em algo útil. Um exemplo pode ser observado em relação às garrafas PET. O politereftalato de etileno, ou, simplesmente PET, é um polímero termoplástico da família dos poliésteres. Embora seja muito conhecido hoje por seu uso como garrafa plástica, o material iniciou sua trajetória na indústria têxtil. Quando este material passa

⁷ Ver em: <http://residuozero.org.br> Visitado em 04/05/2018

a ser utilizado na fabricação de garrafas, que depois seriam, em sua grande maioria, descartadas de forma inadequada no meio ambiente, o PET passa a ser reconhecido pelo seu grande impacto ambiental, como é ilustrado na figura 2. Na medida em que não existia a cadeia de reciclagem do PET, que possibilitasse que as garrafas fossem processadas, durante anos este material foi considerado como não reciclável.

Figura 2- Garrafas PET descartadas no meio ambiente⁸



Atualmente, esta questão também acontece com outros materiais, como o isopor, que apesar de ter desenvolvida a tecnologia necessária para sua reciclagem, continua poluindo o ambiente nos espaços onde não esteja estruturada a sua cadeia de reciclagem. O movimento “Resíduo Zero” parte do princípio que se o homem foi capaz de criar algo que foi descartado, ele tem a responsabilidade de reaproveitar ou reciclar. Se a dificuldade for técnica, cabe recorrer aos centros de pesquisa, se for de logística, cabe incentivar as cadeias de reciclagem.

1.14 As Cadeias da Reciclagem

Importante destacar que o termo reciclagem, se utilizado de forma genérica, tende a criar a impressão de que se trata de um processo único. Mas, pelo contrário, o que existe são reciclagens diversas e por isso tratadas aqui no plural. Elas se organizam de acordo com as características físicas em categorias gerais: vidro, papel, plásticos, metais. Estes por sua vez

⁸ Fonte: Google

reúnem subcategorias, representadas pelos diferentes tipos de vidro, metais, papéis ou plásticos. Um bom exemplo são os plásticos, conforme é possível observar na figura 3:

Figura 3 – Tipos de Plásticos⁹

CÓDIGOS DE IDENTIFICAÇÃO DE PLÁSTICOS PARA RECICLAR		
	Matéria-prima virgem	Matéria-prima reciclada
	POLITEREFTALATO DE ETILENO Garrafas de refrigerante e água mineral, sacos de dormir e travesseiros, fibras têxtis.	Garrafas de refrigerante e embalagens de detergente, filmes transparentes, fibras para tapetes, casacos.
	POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE Sacolas de compras, sacos para freezer, frascos de iogurte, embalagens de xampu e produtos de limpeza, engradados.	Cestos de lixo, frascos de detergente, engradados, canos de irrigação, recipientes para material reciclado, cercas de jardim.
	POLICLORETO DE VINILA Vinil não plastificado em garrafas transparentes, vinil plastificado em mangueiras, solas de sapatos, tubos.	Vinil não-plastificado em garrafas de detergente, conexões de encanamento; vinil plastificado em mangueiras, pisos industriais.
	POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE Forro de plástico preto, tampas de pote de sorvete, cestos de lixo e sacolas.	Peículas para prédios, indústria, sacos para mudas de plantas.
	POLIPROPILENO Pacotes de batata frita, potes de sorvete, canudos, embalagens transparentes.	Cestos de lixo, recipientes para material reciclado, painéis para construção.
	POLIESTIRENO Talheres de plástico, imitação de cristal, poliestireno expandido em copos para bebidas quentes, embalagens de comida, bandeja de carne, caixa de frutas.	Poliestireno em pregadores, cabides, objetos de escritório, carretéis, réguas, caixas de CD; poliestireno expandido em molduras para fotos, estruturas para construção.
	OUTROS Todos os demais plásticos, como acrílico e náilon.	Rodinhas, móveis de plástico, estruturas submarinas.

Na medida em que na sua fabricação, um desses tipos de plástico, por suas características físicas e/ou químicas, utiliza processos e equipamentos distintos, o processamento que permitirá transformar o resíduo em matéria prima secundária também precisará respeitar essas mesmas características. Essa mesma especificidade vai ser exigida na reciclagem dos metais, papéis e vidros.

⁹ Fonte: <http://teste-qsustentavel.blogspot.com/2012/07/dicas-que-facilitam-reciclagem-do.html> Visitado em 09/11/2018

A exigência de garantir uma padronização dos materiais a serem destinados à reciclagem, ressalta a importância do trabalho dos catadores na subclassificação dos materiais recicláveis. Trata-se de um conhecimento adquirido empiricamente pelo catador em seu cotidiano de trabalho e que, infelizmente, tem sido pouco discutido e valorizado em espaços acadêmicos, como a universidade.

1.15 A cadeia dos resíduos eletroeletrônicos (REEE)

Por ser um resíduo composto, que reúne materiais de diversas categorias (metal, plásticos, vidro), a reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos exige um processamento diferenciado. A primeira diferença ocorre ainda na etapa de segregação. Vimos como para a reciclagem é de suma importância que os resíduos sejam separados por suas características físicas e/ou químicas. Enquanto os resíduos simples podem ser separados e classificados manualmente, os eletroeletrônicos, sendo resíduos compostos, exigem o uso de ferramentas e máquinas no seu processamento.

Quanto maior for a exigência na separação, mais necessárias serão ferramentas e equipamentos com maior nível de sofisticação. Se alguns materiais podem ser separados com uma simples chave de fendas, outros vão exigir aparelhos como furadeira, moinho, esteira separadora, entre outros. Outra diferença dos resíduos eletroeletrônicos em relação aos demais resíduos é o fato de que parte de seus componentes contêm substâncias perigosas. Em muitos países, como os que compõem a União Europeia, esse fato levou a legislações específicas, como a Diretiva REEE (EU, 2002), com o objetivo de evitar o envio de resíduos eletroeletrônicos para aterros e de aumentar a recuperação de materiais a partir da imposição da responsabilidade estendida do produtor (REP), como demonstrou Araújo (2013). A diversidade dos equipamentos eletroeletrônicos e de seus componentes é uma das principais dificuldades na gestão dos resíduos deles provenientes, o que está relacionado ao caráter dinâmico da indústria de eletroeletrônicos, cuja tecnologia está sempre em constante evolução, não só dos produtos em si, como também dos componentes e substâncias que estes contêm. Além disso, há um *mix* de produtos consumidos (que poderá ser diferente para os mercados consumidores) e depois descartados pela população, o que torna bastante complexa a análise dos resíduos eletroeletrônicos. A partir da figura 4 é possível observar a forma como é categorizado este tipo de material:

Figura 4 - Formas de categorização do material¹⁰



O crescente volume de vendas e da diminuição da vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos tem aumentando significativamente os volumes gerados de resíduos, causando preocupação aos atores responsáveis pela gestão de resíduos sólidos urbanos. No Brasil, a promulgação da lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS impôs a coleta, tratamento e uma hierarquia na gestão dos resíduos eletroeletrônicos. Essa hierarquia prioriza, inicialmente, a prevenção, a redução, o reuso, a reciclagem, o tratamento e, finalmente, como última alternativa tecnológica, a disposição em aterros.

Pelas especificidades dos resíduos eletroeletrônicos acredita-se que esta cadeia deve contar com cooperativas genéricas e com cooperativas especializadas. Às primeiras caberia integrar uma rede de coleta e recebimento dos eletroeletrônicos dos consumidores, já as segundas, devidamente equipadas e capacitadas, fariam a segregação mais refinada dos seus diferentes materiais.

1.16 Políticas públicas de resíduos

O termo política pública vem sendo utilizado em seu sentido amplo, ou seja, em todas as possíveis formas de atuação do Estado, em nível federal, estadual e municipal. Elas incluem a regulação, a fiscalização, o fomento às políticas definidas como prioritárias e, naturalmente, no cumprimento da Lei.

¹⁰ Fonte: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/sustentabilidade/inovacao-e-a-chave-para-industria-automobilistica-avancar-na-agenda-de-sustentabilidade/> Visitado em 09/11/2018

Quanto à regulação, o Brasil conta com a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que, como já foi dito, é um marco legal bastante atual e abrangente. Mas que deixa a desejar quanto ao seu cumprimento a partir do próprio governo federal, na medida em que o mesmo não oficializou o principal instrumento da política de resíduos que é o “Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos”.

Ao mesmo tempo, falta vontade política de cobrar da iniciativa privada a responsabilidade compartilhada prevista na Lei da PNRS, fazendo vigorar o princípio do poluidor-pagador. A timidez em cobrar a formulação, aprovação e efetiva implementação dos acordos setoriais com metas e prazos, revela a tibieza da fiscalização.

A política de fomento à coleta seletiva, com inclusão dos catadores limitada ao governo federal em programas como o “Cataforte”, é quase que simbólica na medida em que contempla parcialmente um número reduzido de cooperativas. A experiência tem mostrado que os recursos federais destinados para as cooperativas se tornam inócuos se estas não estiverem situadas em municípios que tenham o serviço de coleta seletiva. Ao município, por sua vez, não basta cumprir o que determina a lei, elaborando um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. O Plano é necessário, mas não basta que exista apenas no papel. Tendo sido elaborado com participação social, é preciso que se estabeleça metas anualizadas que possam estar sendo acompanhadas pela sociedade. Para que as cadeias da reciclagem se consolidem e sirvam de base para a economia circular, o principal ente governamental deve ser o município.

Importante salientar que o principal problema não é a falta de recursos da Prefeitura, pois nos orçamentos municipais a limpeza urbana e a destinação de resíduos estão entre as cinco maiores despesas. Os recursos existem e são significativos, embora nem sempre sejam suficientes. A questão é que a destinação final que vem sendo financiada prioritariamente é o aterro sanitário. O cenário para o enfrentamento do problema da destinação final dos resíduos no Brasil está traçado. Depende do fortalecimento da reciclagem para que esse problema se torne uma oportunidade.

O caminho da sustentabilidade, já apontado por países que buscam solucionar o problema de destinação final de resíduos, é a economia circular. Esta tem como primeiro desafio a ampliação da coleta seletiva. No Brasil, para atender o que determina a Lei da PNRS, a coleta seletiva precisa promover a inclusão social dos catadores. Mas, para cumprir de forma eficiente o seu papel na cadeia da reciclagem, as cooperativas precisam estar estruturadas e equipadas. Para isso, precisam de energia a um preço acessível que permita fazer funcionar suas máquinas. É preciso, portanto, entender o cenário energético do país e

quais alternativas as cooperativas podem buscar neste contexto, sobre o que refletiremos no próximo capítulo.

CAPÍTULO 2 - ENERGIA E RECICLAGEM

2.1 Conceitos e tipos de energia

A palavra energia vem do grego, "ergos", cujo significado é “trabalho”. Ela está associada à capacidade de qualquer corpo de produzir trabalho, ação ou movimento. Suas fontes são os recursos que direta ou indiretamente produzem energia para movimentar a indústria, o comércio, os transportes, a agricultura, os seres vivos, as pessoas, etc. As jazidas minerais, bacias petrolíferas, rios, vento, sol, florestas são alguns exemplos de recursos energéticos encontrados na natureza.

As fontes de energia podem ser renováveis ou não renováveis. As não renováveis têm reservas finitas, que uma vez esgotadas não são regeneradas. Como exemplos, temos os combustíveis fósseis: petróleo, o carvão mineral, o xisto e o gás natural e os minérios como urânio e tório, que produzem a energia nuclear. As fontes renováveis regeneram-se espontaneamente ou através da intervenção humana, como a hidrelétrica - obtida pela força da água dos rios, a solar - obtida da energia do sol, a eólica - obtida pela força dos ventos, a geotérmica – que provém do calor do interior da terra, a biomassa - obtida de matérias orgânicas e a oceânica- obtida da força das ondas. Algumas delas impactam negativamente o meio ambiente, por esta razão passam a ser restringidas, enquanto que as fontes de energia consideradas “limpas” vêm sendo estimuladas.

Desde sempre o ser humano dependeu da energia, mesmo quando era apenas para se alimentar. Entretanto, na medida em que evoluiu tecnologicamente na busca de mecanizar o trabalho, na fábrica ou em casa, o homem precisa permanentemente de quantidades adicionais de energia. Tratando-se de algo do qual toda sociedade depende, suprir adequadamente essa necessidade humana passa a ser responsabilidade do governo. Adotarei como definição de energia algo que se deve fornecer a um sistema material, ou retirar dele, para transformá-lo ou deslocá-lo, sendo o elemento substancial para o funcionamento de todos os processos naturais e sociais (HÉMERY *et al.*, 1993; SCHEER, 1995).

2.2 A energia solar

A motivação inicial para essa pesquisa se deu a partir de uma questão econômica, pois como as despesas com a conta de luz têm inviabilizado o pleno funcionamento de diversas cooperativas de catadores há o interesse em se discutir possibilidades de redução desse tipo de gasto. Mas uma outra preocupação, não menos importante, é também refletir sobre como diminuir os impactos ambientais no processo da reciclagem.

Para atingir a sustentabilidade, BERMEJO (2011) aponta para a necessidade de reprodução dos processos e regras dos ecossistemas naturais, fechando os ciclos de materiais e priorizando as energias renováveis, como a energia solar, por exemplo. Atualmente, existem duas principais formas de aproveitamento da energia solar para geração elétrica: a energia solar térmica (ou heliotérmica) e a energia solar fotovoltaica. Me deterei aqui nesta última.

2.3 Sistemas fotovoltaicos

As células fotovoltaicas são feitas de um material semicondutor, que tem características intermediárias entre um condutor e um isolante (NASCIMENTO, 2004). Elas são utilizadas nos sistemas fotovoltaicos em duas modalidades principais: isolados (*off-grid*) ou conectados à rede (*on-grid* ou *grid-tie*). A seguir veremos as características de cada aplicação.

Os sistemas isolados são comumente instalados em locais afastados, onde a rede elétrica não chega. Esses sistemas podem ser: individuais ou em mini redes. No primeiro caso, a geração atende apenas a uma unidade consumidora. Já no segundo caso, a produção de energia fotovoltaica é compartilhada entre um grupo pequeno de unidades próximas umas das outras. Uma das características dos sistemas isolados é que eles necessitam de algum tipo de armazenamento, como baterias, para possibilitar o uso da energia elétrica em períodos nos quais não há radiação solar. Esses sistemas isolados foram inicialmente regulamentados pela resolução Aneel nº 83/2004, que permitiu um grande avanço nos programas de eletrificação rural no Brasil de geração de energia elétrica com fontes intermitentes (CEPEL, 2014). A figura 5, que traz a ilustração de um sistema isolado, pode ser útil para a compreensão de seu funcionamento:

Figura 5- Sistemas Isolados (*Off Grid*)



Fonte: Adaptado de Benevenuto (2016)

Os sistemas conectados à rede (Figura 6) são aqueles em que a potência produzida é entregue diretamente à rede elétrica, permitindo a substituição ou complementação da energia disponível. É necessária a utilização de um inversor que atenda às exigências de qualidade e segurança da rede elétrica. Por outro lado, esse tipo de sistema dispensa o uso de baterias uma vez que, na falta de energia, é possível consumir energia da rede.

Figura 6- Sistemas Conectados à Rede (*Grid Tie*)



Fonte: Adaptado de Benevenuto (2016)

Existem dois tipos de configurações para a instalação de sistema fotovoltaico conectado à rede: sistemas distribuídos e centralizados. Na primeira opção, os módulos fotovoltaicos podem ser instalados de maneira integrada à edificação ou na fachada no prédio. A postergação de investimentos em expansão dos sistemas de distribuição e transmissão, a redução de perdas e a diversificação da matriz energética são alguns benefícios dos sistemas de geração distribuída. Em contraposição, o aumento da complexidade de operação da rede e a dificuldade na cobrança do uso de energia são pontos negativos (ANEEL, 2016).

É necessário realizar medição da energia para calcular a diferença entre a energia produzida pelo sistema e a energia consumida da rede. Uma das opções é a medição bidirecional de registros independentes. A cada momento, apenas o registro em um dos sentidos será realizado, de acordo com a diferença entre a demanda e a potência produzida pelo sistema fotovoltaico. Outra opção é realizar medições simultâneas, sendo a medição de energia gerada pelo sistema independente da medição de energia consumida da rede.

2.4 A política de energia no Brasil

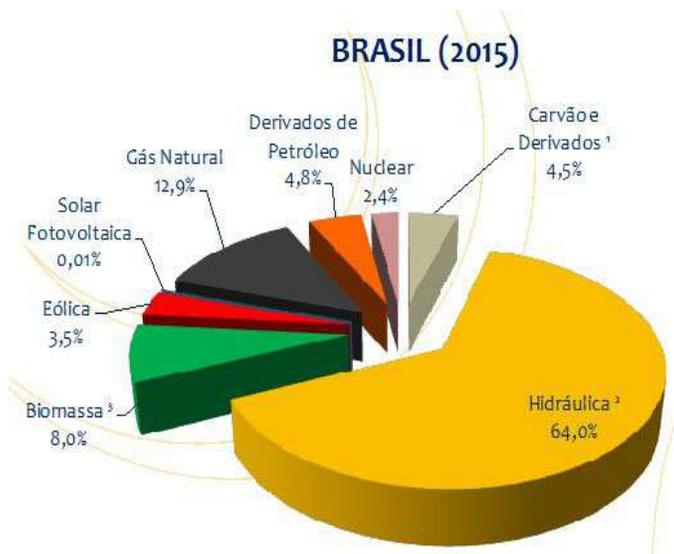
Procurando acompanhar as tendências mundiais, o sistema elétrico brasileiro encontra-se diante do desafio de diversificar sua matriz energética. Historicamente baseado na geração hidroelétrica, o país tem observado crescente penetração das chamadas fontes alternativas de energias renováveis, tais como a eólica e a solar.

No Brasil, a matriz energética predominante é de energia renovável. Como é possível ver na figura 7, em 2015, 75% da oferta de energia elétrica nacional estava associada a este tipo de fonte – 64% à hidráulica, 8% à biomassa, 3,5 à eólica e 0,01% à solar¹¹. Mas cabe ressaltar que as duas maiores fontes resultam de desmatamento, com derrubada e alagamento de florestas e alto consumo de água na agricultura.

Ambas vêm sendo afetadas pelas mudanças climáticas. A maior delas está sujeita às incertezas hidrológicas e às polêmicas que geram resistência à construção de novas hidrelétricas. Recentemente, a crise hídrica que afetou o país exigiu o aumento da utilização de termelétricas, o que resultou na elevação do preço da energia (CERQUEIRA *et al*, 2015).

¹¹ Informações obtidas a partir de pesquisa realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (2016) disponível em: encurtador.com.br/mqrwZ Visitado em 08/07/2018

Figura 7- Matriz energética brasileira



A previsão era que, em todo território nacional, a energia solar fotovoltaica conectada à rede crescesse mais de 300% até o fim do ano de 2017. Esse crescimento estaria relacionado à popularização desse tipo de energia, através dos meios de comunicação junto aos consumidores e ao interesse dos meios corporativos e acadêmicos. Dentre os fatores que contribuiriam para esse crescimento nos últimos anos cabe destacar dois: o elevado índice de radiação solar no Brasil e a significativa redução do preço dos painéis fotovoltaicos. Somam-se a eles as mudanças na política de geração distribuída, definida pela Resolução Normativa nº 482/2012. Esta resolução propagou a possibilidade de, sem muita burocracia, um indivíduo gerar, por iniciativa própria, energia elétrica de forma limpa e silenciosa em sua residência e obter créditos para reduzir o valor de sua conta de energia.

2.5 Sistema de compensação de energia elétrica

Uma importante inovação trazida pela Resolução Normativa nº 482/2012 foi o sistema de compensação de energia elétrica. Esse sistema permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora, que funcionará como uma bateria, armazenando esse excedente. Cabe destacar que este sistema pode gerar benefícios para o consumidor, como é explicado a seguir:

Quando a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses

subsequentes. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses (ANEEL, pág. 15, 2016)

2.6 Características da geração distribuída no Brasil

A geração distribuída é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis ou mesmo utilizando combustíveis fósseis, localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica. Desde 17 de abril de 2012, quando a ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) criou o sistema de compensação de energia elétrica, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e, inclusive, fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. A figura 8 mostra o esquema de microgeração ligado à rede de distribuição, que conta com: 1) painel solar – que ao receber a luz do sol reage produzindo a energia elétrica (energia fotovoltaica); 2) inversor solar - converte a energia solar em energia elétrica; 3) a energia produzida vai para o quadro de luz e é distribuída para a casa ou empresa; 4) a energia solar é utilizada por utensílios e equipamentos elétricos; 5) o excesso de energia vai para rede da distribuidora gerando crédito.

Figura. 8- Unidade de microgeração conectada à rede



Após um processo de consulta e participação pública na regulamentação do setor elétrico, a Resolução Normativa - REN nº 482, de 17/04/2012, estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente. Com o objetivo de reduzir os custos e o tempo para a conexão da micro e minigeração, aumentar o público alvo e melhorar as informações na fatura, a ANEEL publicou a Resolução Normativa

- REN nº 687/2015, que revisou a REN nº 482/2012 e a seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST.

2.7 Tipos de Geração Distribuída: Microgeração e Minigeração

Conforme disposto nos regulamentos da ANEEL, a micro e a minigeração distribuída consistem na produção de energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras que utilizam fontes renováveis de energia elétrica ou cogeração qualificada, conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

O termo microgeração distribuída caracteriza uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. A Figura 9 mostra uma central de microgeração:

Figura 9- Sistema fotovoltaico de pequeno porte, caracterizado como microgeração



O termo minigeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

A ANEEL define minigeração distribuída como “a produção de energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras que utilizam fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras”. A Figura 10 mostra uma central de minigeração:

Figura 10: Sistema fotovoltaico de médio porte, caracterizado como minigeração



2.8 O impacto da energia na reciclagem

As cooperativas de catadores não foram as únicas que sofreram com o aumento da tarifa energética, mas para estas organizações esse fator tem um peso significativo. Em 2016, os gastos com a conta de luz tiveram um aumento de 55%. Como os preços de venda dos materiais recicláveis permaneceram os mesmos, ou em certos períodos diminuíram devido ao excesso de oferta, muitas cooperativas se viram forçadas a paralisarem diversos de seus equipamentos e máquinas. Um caminho que aponta para a viabilidade econômica das cooperativas de reciclagem seria que elas pudessem se tornar, com base em um sistema fotovoltaico, microgeradoras a partir da energia solar. Passado o período de amortização do investimento, a produção desse tipo de energia traria como benefício a redução no valor da conta de luz.

CAPÍTULO 3 - O ESTUDO DE CASO

3.1 Sobre o processo de construção da pesquisa

Na etapa de pesquisa deste trabalho procurou-se dar destaque a um processo participativo. Partindo-se de um pressuposto de que a participação dos beneficiários não apenas possibilita que os cooperados se sintam corresponsáveis pela decisão, como também contribui para a cultura da autogestão, que é um valor central nesse tipo de organização. No processo participativo, a decisão vem de dentro da organização, compartilhada por seus integrantes que serão os responsáveis diretos para sua implementação e continuidade. A prática da participação constrói o sentimento de pertencimento. Portanto, a participação não deve se limitar a uma simples consulta. Neste caso, para que a decisão seja consistente é preciso que os cooperados entendam o que é um sistema fotovoltaico, como funciona, os impactos que produzirá, seus riscos e benefícios para o empreendimento.

Nesse sentido, nesta pesquisa, o processo participativo incluiu a apresentação da proposta do estudo explicando aos cooperados as etapas do trabalho. Partindo de uma apresentação da temática da energia e procurando promover um nivelamento básico sobre energia solar. Essa formação/conscientização teve como objetivo refletir sobre a importância da energia para o funcionamento da cooperativa. Envolvendo todos os cooperados, foram realizadas duas rodas de conversa intituladas “Energia, o que isso tem a ver comigo”. Nesses dois encontros refletimos sobre o custo da energia frente a outras despesas da cooperativa, as características da tecnologia da energia solar em comparação com a energia da rede, como se dá o seu funcionamento e a capacitação para sua manutenção.

Após o nivelamento sobre o tema, o processo participativo também incluiu uma entrevista dirigida por meio de um questionário voltado para a compreensão da visão individual dos cooperados sobre o tema da energia. Contando ainda com questões sobre a possibilidade de substituir o sistema de fornecimento de energia e também da oportunidade de ser capacitado sobre sistemas fotovoltaicos, tendo essa capacitação o objetivo de garantir para a cooperativa a autonomia no processo de manutenção do sistema fotovoltaico. A participação também aconteceu com o envolvimento de um cooperado no levantamento da demanda de energia da cooperativa, a partir da identificação dos diferentes equipamentos e máquinas nas áreas de produção, refeitório, cozinha e administração e na etapa de coleta de dados sobre o consumo de energia com atuação da pessoa responsável pela administração, o que possibilitou mensurar o gasto da Céu Azul com energia nesse período.

Está previsto um encontro devolutivo em que serão apresentados os resultados do estudo e as possibilidades de financiamento para a implementação, para que os cooperados decidam se desejam ou não que seja implantado um sistema fotovoltaico. Em caso afirmativo, a cooperativa ainda precisará indicar quem se habilitará para fazer a capacitação de manutenção do sistema que incluirá aulas práticas com um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, no campus da UFRJ.

3.2 A Cooperativa Céu Azul

A Cooperativa Céu Azul é localizada em um galpão alugado na Rua Isidro Rocha, nº 70 - Vigário Geral, subúrbio do Rio de Janeiro e se especializou na reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). O galpão conta com um mezanino onde se localiza a parte administrativa da cooperativa, ficando no térreo um pequeno refeitório e vestiário. O restante da área do galpão com 470 m² é destinado para a atividade de segregação dos REEE e armazenagem dos materiais separados para a venda. Tendo um único portão de acesso para a cooperativa, uma área do térreo precisa ser reservada para manobra do caminhão para a entrega e retirada de materiais.

A Céu Azul conta, em média, com 20 trabalhadores, em sua maioria mulheres. O número de cooperados varia em função da quantidade de material que a cooperativa consegue coletar. Sendo uma cooperativa de REEE o processo de trabalho exige um maior grau de capacitação dos cooperados. O grau de segregação dos materiais é determinado pelo comprador, que especifica o que lhe interessa e como deve estar separado. Por sua vez, a cooperativa, entre as alternativas de venda, avalia qual o melhor preço considerando o tempo de processamento na segregação. No caso dos REEE, a capacitação dos cooperados precisa atender ao aprimoramento da separação dos materiais, mas também tem que incluir os cuidados em relação à saúde dos trabalhadores, assim como com a destinação adequada em relação ao meio ambiente.

Preocupada em viabilizar um rendimento regular para os seus integrantes, a Céu Azul tem agido de forma proativa na busca dos REEE. Com esse objetivo conseguiu uma licença para transportar e processar esses materiais. Esse documento é fundamental, pois é exigido pelas empresas que fazem a doação, que precisam comprovar junto aos órgãos ambientais que estão destinando seus resíduos para cooperativas autorizadas. Sem ter a garantia da regularidade do fornecimento, a Céu Azul ainda não possui transporte próprio, preferindo

verde, amarela ou vermelha¹² do período. No quadro 2 podemos observar qual foi o consumo da Céu Azul, no período de novembro de 2016 a outubro de 2017.

Quadro 2- Consumo de energia Céu Azul

Mês	Ano	kWh
Novembro	2016	413
Dezembro	2016	255
Janeiro	2017	501
Fevereiro	2017	311
Março	2017	350
Abril	2017	396
Maió	2017	252
Junho	2017	276
Julho	2017	205
Agosto	2017	237
Setembro	2017	223
Outubro	2017	269

A partir desse levantamento mensal, buscou-se detalhar quais as fontes de consumo. Com a participação dos cooperados, identificou-se quantos e quais equipamentos e máquinas são usados na cooperativa. O levantamento incluiu todas as áreas: administração/escritório, refeitório/cozinha, vestiário e produção. Embora não tenha sido a motivação inicial, esse levantamento permitiu dimensionar a demanda mensal de energia de cada uma dessas áreas, levando a identificar a especificação de cada um dos equipamentos, aparelhos e máquinas, em especial a sua potência. O cálculo da demanda de energia necessária para manter um equipamento funcionando resultou da multiplicação da potência do mesmo pelo número estimado de horas diárias de funcionamento e o número de dias do mês que é utilizado. O somatório da estimativa de consumo dos equipamentos reunidos por área tinha como resultado a demanda de energia. O quadro 3 mostra o levantamento na área escritório/administração:

¹² Ver apêndice C

Quadro 3- Levantamento na área escritório/administração

Nome	Especificação	Horas	Dias	Potência*	Consumo mensal kWh
Computador	LG – Pentium	8h	22	300W	52,8 kWh
Lap top	Sony Waio -	8h	22	45W	7,92 kWh
Impressora 1	HP deskjet 1516 – Inc Advan	2h	22	45W	1,98kWh
Impressora 2	HP laser jet M 1120 – MPF	2h	22	420 W	18,48kWh
Ar condicion	Consul – 7500 – Classe A	8h	22	750W	132 kWh
Ventilador	Faet – de mesa	8h	22	40W	7.04kWh
Geladeira	Eterny (escritório)	10h	30	70 W	21kWh
					241,22kWh

Na área destinada para os cooperados da Céu Azul prepararem a alimentação, a demanda de energia se dava da seguinte forma:

Quadro 4- Estimativa de consumo de energia da cozinha/refeitório

Nome	Especificação	Horas	Dias	Potência	Consumo mensal
Forno microondas	Eletrolux	2h	22	800W	35,2kWh
Cafeteira	Arno	2h	22	250W	11kWh
Ventilador	Faet -	8h	22	40W	7.04kWh
Geladeira	Continental 460lt	10h *	30	220W	66kWh
Televisor	LGXD	2h	22	35W	1,54 kWh
					120,78 kWh

* Este é o tempo que o compressor fica ligado por dia para garantir a refrigeração.

Na área do vestiário, observamos que como o banheiro não dispõe de chuveiro elétrico, o consumo de energia se limitava ao uso da bomba para o abastecimento de água.

Quadro 5- Quadro de estimativa de consumo de energia do vestiário

Nome	Especificação	Horas	Dias	Potência	Consumo Mensal
Chuveiro	Água fria			-----	0,00
Bomba hidráulica	Fenix MUD 650	0,5	22	340 W	3,74 kWh
					3,74kWh

Como podemos observar no quadro 6, é na área de produção que se encontra a maior concentração de máquinas e equipamentos:

Quadro 6- Estimativa de consumo de energia da área de produção

Nome	Especificação	Horas	Dias	Potência	Consumo Mensal kWh
Furadeira Elétrica	Black Decker Cd 961 bateria	4h	22	1,3Ah x 9.6	0,27kWh
Furadeira Elétrica	Black Decker Cd 961 bateria	4h	22	1,3Ah x 9.6	0,27kWh
Parafusadeira Elétrica	Belfix	4h	22	1,3Ah x12V	0,34 kWh
Furadeira Elétrica	Belfix	4h	22	500w	44kWh
Furadeira Elétrica	BM 400 VS – RPM 2.700	4h	22	400W	35,2kWh
Esmeril	Duplo disco - RPM – 3450	3h	22	735W	48,51kWh
Lixadeira	Bosch – GWS Profissional 22-18V	3h	22	2.200W	145,2kWh
Mesa de Separação	Dois motores	4h	22	1,5 kwh	264 kWh
Prensa	10 Ton PEH-1010	1h	22	3.677,5W	80,9kWh
					618,69kWh

A estimativa de consumo da cooperativa foi de 984,43 kwh considerando as áreas escritório/administração, cozinha/ refeitório, vestiário e pátio de produção. Ao analisarmos o quadro 3, que registra o real consumo mensal da cooperativa, verificamos que o consumo real foi superestimado. As prováveis causas para as diferenças encontradas podem ser a

temperatura mais baixa no inverno que exige uma menor refrigeração e também uma variação do uso de equipamentos em razão do volume de materiais processados pela cooperativa.

3.4 Potencial Solar

Para dimensionar a capacidade de produção de energia através de um sistema fotovoltaico torna-se necessário pesquisar a disponibilidade de irradiação do local onde o mesmo será instalado. Para realizar esse cálculo foi utilizado o programa *SunData* que permite saber a irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional. Para fazer os cálculos, o *SunData* utiliza o banco de dados *Valores Medios de Irradiacion Solar Sobre Suelo Horizontal* do Centro de Estudos de la Energia Solar (CENSOLAR, 1993). Esta base de dados reúne valores de irradiação solar diária média mensal no plano horizontal /para cerca de 350 pontos no Brasil e em países limítrofes. O *SunData* foi adaptado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) que o disponibiliza como uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Ao informar as coordenadas geográficas (latitude e longitude), o sistema busca localidades próximas do ponto a ser mensurado. No caso da Céu Azul, foram obtidas as seguintes informações: latitude de -22.806861 e a longitude de -43.314843¹³.

Estabelecidas quais eram as coordenadas, a etapa seguinte foi saber o grau de irradiação. Como resposta, o programa¹⁴ fornece os dados de irradiação solar para as três localidades disponíveis próximas do ponto de interesse. Para o endereço da Céu Azul podemos ver o resultado na figura 12:

¹³ Informações obtidas através do site: www.coordenadas-gps.com. Acessado em 04/07/2018

¹⁴ Pode ser acessado por meio deste endereço: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> Visitado em 08/07/2018

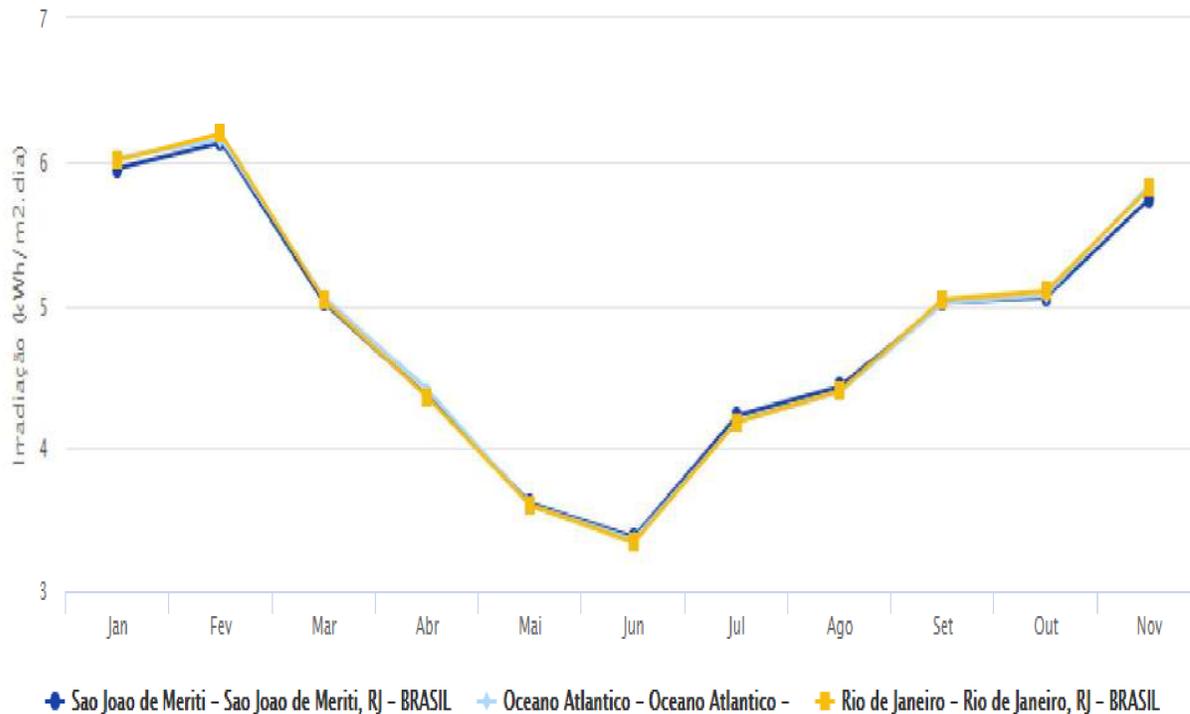
Figura 12- Simulação de três localidades de acordo com as coordenadas da Cúcu Azul

Latitude: 22,806861° S
Longitude: 43,314843° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]												Média	Delta				
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set			Out	Nov	Dez	
<input checked="" type="checkbox"/>	Sao Joao de Meriti	Sao Joao de Meriti	RJ	BRASIL	22,801° S	43,349° O		3,6	5,95	6,14	5,02	4,36	3,62	3,38	3,37	4,23	4,43	5,02	5,06	5,74	4,69	2,76
<input checked="" type="checkbox"/>	Oceano Atlantico	Oceano Atlantico			22,801° S	43,249° O		6,8	6,03	6,16	5,06	4,41	3,60	3,37	3,35	4,19	4,39	5,02	5,07	5,84	4,71	2,81
<input checked="" type="checkbox"/>	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	RJ	BRASIL	22,901° S	43,349° O		11,0	6,01	6,20	5,03	4,36	3,60	3,35	3,33	4,18	4,40	5,05	5,10	5,81	4,70	2,86

Irradiação Solar no Plano Horizontal para Localidades próximas

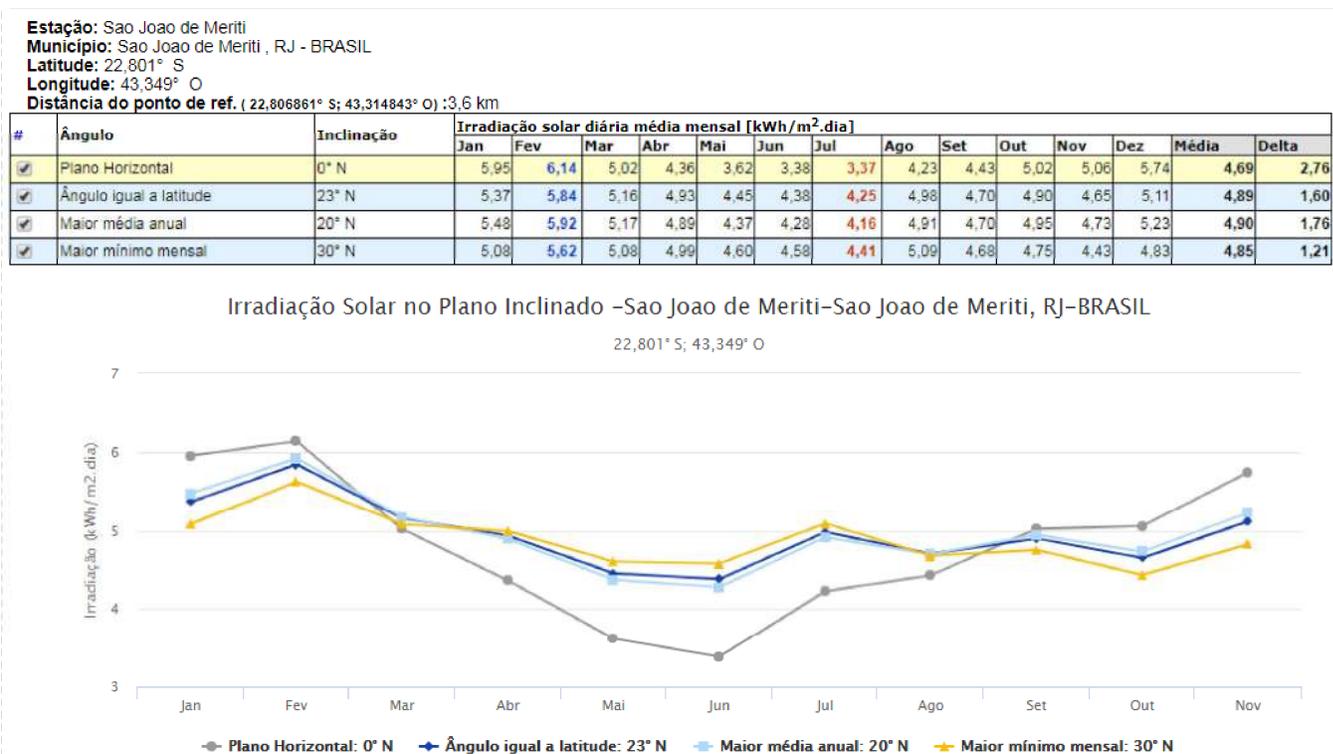
22,806861° S; 43,314843° O



Highcharts.com

Das três opções oferecidas pelo sistema, escolhemos São João de Meriti por ser a mais próxima da cooperativa. Na figura 13 vemos os valores de irradiação solar em kWh/m² correspondentes às intensidades diárias médias mensais para os 12 meses do ano.

Figura 13 – Simulação para São João de Meriti

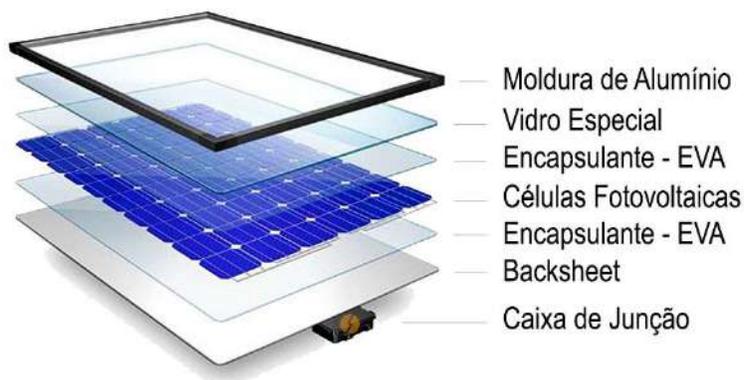


Tendo sido feito o levantamento da demanda de energia a partir da potência dos equipamentos usados na cooperativa e também identificado o potencial de irradiação da Ceu Azul, o próximo passo consistiu em especificar as características do sistema fotovoltaico capaz de suprir a demanda levantada.

3.5 Estrutura Funcional: Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico é o responsável por transformar a energia solar em elétrica, sendo formado por células fotovoltaicas protegidas por uma moldura externa usada para fixação. O selante une as camadas internas com a moldura e impede a entrada de gases, umidade e choques mecânicos. O vidro possibilita a entrada da energia solar e é responsável por proteger as células e condutores, assim como o *Backsheet* que proporciona um isolamento elétrico adicional. As células também são envolvidas por um encapsulante, geralmente Etil Vinil Acetato (EVA). A estrutura descrita é ilustrada na figura 14:

Figura 14- Camadas de um módulo fotovoltaico



Fonte: Portal Solar¹⁵

O arranjo dos módulos é feito em série ou em paralelo e a corrente gerada pelas placas é contínua (CC). Para transformá-la em corrente alternada (CA) utilizam-se inversores, possibilitando a conexão com a rede e com isso a utilização da maior parte dos equipamentos eletroeletrônicos. O papel principal do inversor solar no sistema fotovoltaico conectado à rede (inversor *grid tie* ou *on grid*) é inverter a energia elétrica gerada pelo painel solar, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). O papel secundário é garantir a segurança do sistema fotovoltaico e gerar dados da geração de energia para o monitoramento do desempenho do sistema.

Figura 15- Inversor *on grid*



Fonte: Portal Solar¹⁶

¹⁵ <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar> Visitado em 08/07/2018

¹⁶ <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar> Visitado em 08/07/2018

Em sistemas não conectados à rede é necessário que a energia produzida seja armazenada em baterias, contudo isso não se aplica neste estudo de caso. Os módulos fotovoltaicos dispõem de uma vida útil de 25 anos tendo uma redução média anual de 0,5% de sua capacidade de geração. Os fabricantes com bons padrões de qualidade asseguram uma potência nominal de 80% após esse período. Já os inversores têm garantia de 5 a 10 anos, mas podem passar um pouco dessa faixa¹⁷.

3.6 Dimensionamentos de um Sistema de Geração Fotovoltaica para a cooperativa

Os cálculos apresentados a seguir foram estimados estando sujeitos à influência de inovações tecnológicas, alterações legais/fiscais e também de preços dos componentes dos sistemas fotovoltaicos. No cálculo dos custos não estão incluídas as despesas com: instalação do sistema, projeto técnico, a ser desenvolvido a partir do dimensionamento inicial, e projeto arquitetônico e estrutural. Considerando que a cooperativa receba um possível assessoramento da UFRJ, essas etapas poderão ser solucionadas por alunos envolvidos em projeto de extensão, com apoio do corpo técnico e supervisão de professores do curso de engenharia elétrica.

Considerando que os custos do sistema serão compostos apenas pelo valor de seus componentes, na etapa seguinte foi realizada a cotação de preços junto aos fornecedores. Os componentes escolhidos para a configuração do sistema estão destacados em amarelo. Os preços dos painéis podem ser vistos no quadro 7:

Quadro 7 - Cotação dos painéis fotovoltaicos

P (W)	Preço (R\$)	W/R\$	Marca	Site/Loja
265	525,45	0,5043296	Seraphim	Minhacacasolar
320	664,95	0,4812392	Canadian	Minhacacasolar
265	606,47	0,4369548	Seraphim	Energyshop
270	729,99	0,3698681	Canadian	Energyshop
325	899,99	0,3611151	Canadian	Energyshop
320	899,96	0,3555714	Canadian	Energyshop
250	766,29	0,3262472	Komaes	Energyshop
260	798,87	0,3254597	Globo BR	Minhacacasolar
140	462,21	0,3028926	3TSolar	Minhacacasolar
255	999,9	0,2550255	Globo BR	Energyshop
260	1024,78	0,253713	Globo BR	Energyshop
265	1047,95	0,2528747	Globo BR	Energyshop

¹⁷ Informações obtidas a partir de pesquisa realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (2016) disponível em: encurtador.com.br/ijvW9

O levantamento do custo dos inversores *on grid* pode ser visto no quadro 8:

Quadro 8- Cotação de inversores *grid-tie* para um sistema conectado à rede elétrica

W	V	R\$	W/R\$	Marca	Site/Loja
5000	220	R\$ 5.849,70	0,854745	B&B Power	Minhacasasolar
20000	220	R\$ 28.500,00	0,701754	PHB	Energyshop
2000	220	R\$ 3.328,47	0,600877	Ecosolys	Minhacasasolar
15000	220	R\$ 25.185,00	0,595593	Fronius	Energyshop
12500	220	R\$ 22.199,00	0,563088	Fronius	Energyshop
1000	220	R\$ 1.998,57	0,500358	Ecosolys	Minhacasasolar
4600	220	R\$ 9.990,00	0,46046	PHB	Energyshop
1600	220	R\$ 3.524,70	0,453939	B&B Power	Minhacasasolar
1500	220	R\$ 3.896,70	0,384941	SMA Sunny Boy	Minhacasasolar

Sendo assim, dos 984,43 kWh estimados para consumo mensal, em média 760 kWh seriam fornecidos pelo sistema de geração fotovoltaica proposto, composto por um conjunto de 23 placas, sendo a potencia individual do módulo de 265W, uma compensação de cerca de 89%. Considerando as diferentes faixas tarifárias de consumo, seria gerada uma redução média de aproximadamente R\$ 110,00 no valor cobrado mensalmente pela distribuidora de energia, podendo ultrapassar os R\$ 150,00 nos meses de fevereiro, março e dezembro. O que permitiria uma economia superior a R\$ 1.4000,00 por ano. Para alcançar esse resultado seria exigido um investimento de R\$ 17.935,05.

Quadro 9- Cálculos de Potência Gerada para um Sistema Conectado à Rede

SISTEMA CONECTADO - Potencial de Geração														
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	TOTAL / Ano
Conjunto único conectado e com 23 módulos	4,95	5,48	5,26	4,71	4,79	4,33	4,51	5,03	4,66	4,81	5,01	5,07	4,88	
Conjunto do IPCB	748,22	828,33	795,08	711,94	724,04	654,51	681,71	760,31	704,39	727,06	757,29	766,36	737,64	8.851,70
TOTAL	390,38	432,17	414,82	371,45	377,76	341,48	355,68	396,69	367,51	379,34	395,11	399,84	384,86	4.618,28
Opção 3	1.138,60	1.260,51	1.209,91	1.083,39	1.101,80	995,99	1.037,39	1.157,00	1.071,89	1.106,40	1.152,40	1.166,20	1.122,50	13.469,97

Quadro 10- Cálculos de Custos para um Sistema Conectado à Rede

SISTEMA CONECTADO - Custos						
	Configuração	Geração Média [kWh/m2.mês]	Geração no mês crítico [kWh/m2.mês]	Painéis	Inversor	TOTAL
	Preço individual			R\$ 525,45	R\$ 5.849,70	
	1 conjunto conectado completo			R\$ 12.085,35	R\$ 3.328,47	R\$ 15.413,82
Opção 3	Conjunto único conectado e com 23 módulos	1.026,28	910,62	R\$ 12.085,35	R\$ 5.849,70	R\$ 17.935,05

Considerando que a área do telhado da cooperativa é de 470 m² e que a área requerida para instalação inicial do sistema fotovoltaico é de 48,8 m², com a sua ampliação a redução dos gastos com energia poderia ser maior na medida que fossem instaladas mais placas e um inversor com mais capacidade.

3.7 Principais vantagens

Primeiramente, vale ressaltar que os impactos ambientais causados por esta fonte são baixos comparados a outras fontes. Enquanto a energia é gerada não há emissão de poluentes nem micropartículas materiais. Os sistemas fotovoltaicos, quando funcionam em horários de pico, ajudam a mitigar possíveis problemas na geração da rede. No espectro socioeconômico, há geração de empregos considerados qualificados. Esse tipo de geração elétrica pode se localizar perto dos centros consumidores, pois é adaptável em telhados, reduzindo a necessidade de linhas de transmissão. O território nacional possui vasta capacidade também para energia solar em quase todo espaço, devido a sua posição no globo terrestre e incidência dos raios solares. Há ainda quantidade farta de matéria prima para produção de módulos fotovoltaicos.

Após a instalação dos equipamentos, a manutenção é simples e a parte de medição do sistema fica por conta da distribuidora de energia. Os módulos fotovoltaicos ficam expostos nos telhados, logo, eventualmente devem passar por um procedimento de limpeza para que a incidência solar não seja prejudicada. Danos causados por ventos, raios ou qualquer outro fator exógeno devem ser inspecionados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para além da questão econômica, com a possibilidade de diminuição dos gastos da cooperativa, é de extrema importância ressaltar o caráter inovador deste projeto de geração de energia a partir de uma fonte renovável em uma cooperativa de reciclagem. A relevância do projeto é incrementada, principalmente, por potencializar ainda mais a alternativa da reciclagem como sendo a melhor solução para a destinação final de resíduos. A etapa de coleta e segregação dos materiais acentua a relevância da economia circular, em que a produção das matérias-primas secundárias é obtida com um consumo muito inferior de energia e de água em comparação às matérias-primas primárias. Ao mesmo tempo, a experiência aumenta a viabilidade econômica das cooperativas, possibilitando que a lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos cumpra o seu papel de inclusão social.

Além disso, o processo de implantação e manutenção do sistema fotovoltaico pode contribuir para disseminação deste sistema como tecnologia social, principalmente se este processo vier acompanhado de uma formação técnico-profissional que permita aos próprios cooperados fazerem a instalação e manutenção de painéis fotovoltaicos, controladores e conversores. Essa capacitação, a partir da experiência aqui proposta, não somente permitirá aos cooperados serem responsáveis pela manutenção e bom funcionamento do sistema instalado na Céu Azul, como estarão possibilitados, ainda, a prestarem serviços semelhantes a outras cooperativas ou moradores e empresas do entorno, criando uma outra fonte de geração de trabalho e renda.

Como mencionado ao longo do trabalho, o Brasil vive um contexto de grande expansão da energia solar. Neste cenário, surge a necessidade de disseminar os conhecimentos envolvidos no projeto, instalação, operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos, de modo que os profissionais da área desenvolvam as competências necessárias para possibilitar o crescimento desta fonte energética no país. Nessa direção, este estudo busca afirmar que um sistema fotovoltaico de energias renováveis que permita criar um programa permanente de aproveitamento da energia solar voltada para o atendimento em instalação de baixa e média potência é uma tecnologia social. Entretanto, para disseminá-la é preciso que existam políticas públicas capazes de torná-la acessível a empreendimentos como às cooperativas de catadores.

Elaborada a partir de um caso real, esta dissertação aponta alguns passos para uma avaliação da viabilidade técnico-econômica e dimensionamento do sistema fotovoltaico de modo que possa ser replicado para outras cooperativas de catadores. Este estudo apresenta

como, de forma participativa, podem ser realizadas as etapas de identificação da demanda, capacidade de geração de energia solar, dimensionamento do sistema fotovoltaico e o custo de aquisição de sistemas conectados à rede. Para viabilizar a autonomia das cooperativas de catadores a fim de que se apropriem dessa tecnologia é recomendável a formação técnico-profissional dos cooperados para que eles mesmos façam a manutenção do sistema.

Por meio deste trabalho realizou-se a descrição completa e detalhada do anteprojeto de um sistema fotovoltaico real, visando avaliar a viabilidade técnica e econômica do mesmo ser instalado em uma cooperativa de catadores. Foi exposto o atual cenário da mini e microgeração distribuída no Brasil. Foi visto que a região escolhida possui excelente potencial energético e reduzidos percentuais de sombreamento, indicando a possibilidade de geração de razoável quantidade de energia elétrica. Constatou-se que os sistemas fotovoltaicos de microgeração distribuída encontram atualmente um cenário favorável ao seu investimento e crescimento, proporcionando economia na conta de energia elétrica compatível com os custos do investimento, o que resulta num tempo de retorno do investimento aceitável na maior parte do Brasil.

Considerando que o estudo pretende ser reaplicado em qualquer cooperativa de catadores, é importante salientar as diferenças que existem entre as cooperativas especializadas em REEE (resíduos eletroeletrônicos) e as que processam outros materiais, como papel, plásticos, vidro, metais, OGR (Óleos e Gorduras Residuais) ou RCC (Resíduos da Construção Civil). Desse modo, para se beneficiar plenamente de um sistema fotovoltaico é importante que a cooperativa leve em consideração fatores como a propriedade do imóvel ou aluguel de longa duração, tendo em vista o investimento a ser realizado, a localização do imóvel, avaliando a irradiância do local onde serão instalados os painéis, incluindo o tempo de sombreamento, as condições de financiamento para que o investimento seja feito com recursos não reembolsáveis ou com taxas acessíveis considerando as limitações de endividamento da cooperativa e, por fim, a capacitação para uso e manutenção para que a instalação seja acompanhada da capacitação dos cooperados voltada para a manutenção do sistema fotovoltaico.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2016d, Micro e Minigeração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica. 2ª edição. Cadernos Temáticos ANEEL. Brasília, DF.

ARAÚJO, Marcelo Guimarães. Modelo de avaliação do ciclo de vida para a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil. Tese de doutorado - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

ARAÚJO, Marcelo Guimarães. VIEIRA, Antônio Oscar. A economia circular pode ser solidária. In: Política nacional de resíduos sólidos: implementação e monitoramento de resíduos urbanos / Organizadores: Gina Rizpah Besen; Luciana Freitas; Pedro Roberto Jacobi. -- São Paulo: IEE USP: OPNRS, 2017

BENEVENUTO, Renato da Silva. Os Benefícios da Geração de Energia Elétrica Através do Sistema Fotovoltaico no Estacionamento Fotovoltaico do Centro de Tecnologia da UFRJ. Monografia. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2016.

BERMEJO, R. Manual para una economía sostenible. Los Libros de la Catarata, Madrid, 2011.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010.

CENSOLAR. (1993). Publicaciones Periódicas Especializadas. Fonte: CENSOLAR.ES: <http://www.censolar.es/menu6.htm#pupe>

CEPEL ELETROBRAS, 2014, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito.

CERQUEIRA, G. A. et al., 2015, A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado - Boletim Legislativo nº 27, de 2015.

CRESESB. (2014). Busca por Coordenadas. Acesso em 17 de Novembro de 2016, disponível em CRESESB: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> Visitado em 08/07/2018

DAGNINO, Renato Peixoto (Org.). Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade / Renato Dagnino; colaboradores Bagattolli, Carolina. [et al.]. - Campinas,SP.: IG/UNICAMP, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENÉRGICA (EPE). Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016: Ano Base 2015. Rio de Janeiro, 2016.

FREITAS, L.F.S.; FONSECA, I.F. Diagnóstico sobre catadores de resíduos sólidos. Relatório de pesquisa. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2012.

HÉMERY, Daniel; BEBIER, Jean Claude; DELÉAGE, Jean-Paul. Uma História da Energia. Brasília. Editora Universidade de Brasília. 1993.

NASCIMENTO, C. A. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. 21f. Monografia (Bacharelado em Fontes alternativas de energia) - Universidade Federal de Lavras-UFLA, Minas Gerais, 2004.

NOVAES, Henrique, DIAS, Rafael. Contribuições ao Marco Analítico-Conceitual da Tecnologia Social. In: Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade / Renato Dagnino; colaboradores Bagattolli, Carolina.[et al.]. -- Campinas,SP.: IG/UNICAMP, 2009.

PEREIRA, T. C. G. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Nova regulamentação para um velho problema. Direito e Justiça. v.11. n.17, 2011

PRESTES MOTTA, Fernando Cláudio. Burocracia e autogestão. São Paulo: Brasiliense, 1981.

PROUDHON, Pierre Joseph. A propriedade é um roubo. L&PM Pocket, 1998.

SCHEER, H., 1995, O Manifesto Solar – Energia Renovável e a Renovação da Sociedade. Ed. CRESESB - CEPEL, Rio de Janeiro.

SINGER, Paul. Introdução à Economia Solidária. SP: Fundação Perseu Abramo, 2002

SOUZA, Cláudio Benedito Gomide de; SQUILASSE, Maria Do Carmo. Gestão participativa: conceitos e operações fundamentais. Política e Gestão Educacional, v. 1, 2001.

GLOSSÁRIO

Consumo bruto da rede: energia proveniente da rede elétrica em direção ao sistema fotovoltaico. É fornecida nos momentos em que o consumo local é superior à geração.

Consumo direto: também chamado de consumo próprio, é a parcela da energia gerada que foi diretamente usada para alimentar a unidade consumidora.

Consumo líquido: diferença entre o consumo bruto e a energia injetada.

Consumo total: energia total demandada pela unidade consumidora. Ou seja, é a soma do consumo direto com o consumo bruto da rede.

Geração: energia elétrica gerada pelo painel fotovoltaico.

Injeção na rede: excedente da energia gerada no local da instalação (ou seja, a diferença entre geração e consumo direto). Ocorre nos momentos em que o consumo local é inferior à geração e é injetado na rede elétrica.

APÊNDICE A- Classificação de consumidores de energia elétrica no Brasil

Os consumidores de energia elétrica no Brasil são classificados de acordo as seguintes classes de consumo:

- Residencial
- Industrial
- Comercial
- Rural
- Poder Público
- Iluminação Pública
- Serviço Público

De acordo com o consumo, cada uma destas classes poderá ser cobrada por tarifas do tipo A ou B.

Grupo A

Os consumidores do Grupo A são aqueles atendidos pela rede de alta tensão (2.3 a 230 kV) e estão classificados em subgrupos de acordo com o nível de tensão.

Grupo B

O Grupo B é composto por consumidores atendidos em tensão inferior a 2.3kV. Neste caso, a classificação em subgrupos é realizada baseando-se apenas no perfil de consumo mensal. Abaixo temos o quadro de classificação dos Grupos A e B:

GRUPO TARIFÁRIO	DESCRIÇÃO
B1	Classe residencial e subclasse residencial baixa renda;
B2	Classe rural, abrangendo diversas subclasses, como agropecuária, cooperativas de eletrificação rural e serviço público de irrigação rural;
B3	Outras classes: industrial, comercial, serviços e outras atividades, poder público, serviço público e consumo próprio;
B4	Classe iluminação pública.
A1	Para o nível de tensão de 230 kV ou mais;

A2	Para o nível de tensão de 88 a 138 kV;
A3	Para o nível de tensão de 69 kV;
A3a	Para o nível de tensão de 30 a 44 kV;
A4	Para o nível de tensão de 2,3 a 25 kV;
AS	Para sistema subterrâneo.

APÊNDICE B- Modalidades de Geração Distribuída

De acordo com a Resolução ANEEL nº 687 [5], é possível o consumidor utilizar seus créditos acumulados em outras unidades previamente cadastradas dentro da mesma área de concessão e caracterizada como autoconsumo remoto, geração compartilhada ou integrante de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras (condomínios) e em local diferente do ponto de consumo, como definidas a seguir:

- **Geração compartilhada:** caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa. É composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;
- **Autoconsumo remoto:** caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma pessoa jurídica, incluídas matriz e filial, ou pessoa física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada;
- **Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios):** caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta. É de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento.

APÊNDICE C- Postos Tarifários

A ANEEL define posto tarifário como o período de tempo em horas para aplicação das tarifas de forma diferenciada ao longo do dia, adotando a seguinte divisão:

-Posto tarifário de ponta: período composto por 3 horas diárias consecutivas, considerando o pico da curva de carga de seu sistema elétrico, para toda a área de concessão ou permissão com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi e feriados.

-Posto tarifário intermediário: período de horas conjugado ao ponto tarifário de ponta, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior, aplicado ao Grupo B.

- Posto tarifário fora de ponta: período composto pelo conjunto de horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas nos pontos de ponta e, para o Grupo B, intermediário.

Tarifa horo-sazonal - é o nome dado à cobrança diferenciada da energia elétrica de acordo com o horário ou dia da utilização. No Brasil, temos três tipos de tarifa: azul, verde e branca. Esta última foi criada a partir de janeiro de 2018, podendo o consumidor residencial aderir voluntariamente.

Tarifa Azul

Aplicada obrigatoriamente às unidades consumidoras do grupo A, com tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV. Caracteriza-se pela cobrança de postos tarifários tanto na tarifa de demanda de potência quanto na de consumo de energia.

Tarifa Verde

As unidades consumidoras do grupo A, com tensão de fornecimento inferior a 69kV e demanda contratada superior a 300 kW podem optar entre a tarifa azul e a tarifa verde. A

tarifa verde realiza cobrança em postos horários para o consumo de energia, enquanto a cobrança da demanda contratada é feita com valor único.

Tarifa Branca

A Tarifa Branca é uma nova opção que sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia conforme o dia e o horário do consumo. Nos dias úteis, há três faixas de consumo, que mudam de acordo com a região: horário de pico, intermediário e fora do pico. No Rio de Janeiro, por exemplo, o pico é das 17h30 às 20h30, o intermediário das 16h30 às 17h30 e das 20h30 às 21h30, e os demais horários são considerados fora do pico. Nos finais de semana e feriados nacionais, vale o valor do horário fora de pico. A tarifa branca é oferecida para as unidades consumidoras do grupo B. Outro fator que influencia o valor cobrado pela energia tem relação com o clima e varia de acordo com os períodos úmidos e secos, a partir dos quais são classificadas as tarifas com bandeiras verde, amarela e vermelha, como mostra o quadro a seguir:

VERDE	Sem cobrança adicional
AMARELA	R\$ 2,00 - para cada 100kWh
VERMELHA	R\$ 3,00 ou R\$3,50 para cada 100kWh

Esta classificação é adotada em razão da incidência de chuvas que alimenta os reservatórios das usinas hidrelétricas. Na ausência de chuvas, o sistema recorre às usinas termelétricas, o que eleva o preço final de geração de energia.