

Protótipos de Modelos de Negócios para Soluções de Microrredes Voltadas para o Cenário Brasileiro de Energia Elétrica

Saulo Martins Campos, Deyvid Marques de Campos, Rafael Felipe Coelho da Silva e José Nilo Rodrigues da Silva Júnior

Resumo –Este artigo apresenta um estudo voltado para o desenvolvimento de modelos de negócios para microrredes de distribuição no cenário elétrico brasileiro, tendo como principal referência o projeto piloto que está sendo implementado em Fortaleza, Brasil, abrangendo tecnologias de geração fotovoltaica, geração eólica, armazenamento de energia de modo centralizado e distribuído, controle automatizado e gerenciamento de demanda. Será apresentado também um panorama das microrredes no mundo e a metodologia utilizada para elaboração da pesquisa, além de alguns protótipos de modelos de negócios de microrredes para o Brasil.

Palavras-chave – Microrredes, modelos de negócios, Business Model Canvas, armazenamento de energia e geração distribuída.

I. INTRODUÇÃO

Diferente de países como Estados Unidos e Japão, o tema Microrredes no Brasil ainda é recente e encontra-se em desenvolvimento. Atualmente, pode-se observar casos de sistemas híbridos e minirredes que possuem como característica, a geração de energia fotovoltaica, utilização de geradores à diesel e de sistemas de armazenamento por baterias em pequena escala [1]. Grande parte destes sistemas estão localizados na Região Norte do país e ainda podem ser encontrados em algumas ilhas marítimas, entretanto tratam-se de sistemas cujo aparato tecnológico é relativamente simples, não havendo conexão com a rede elétrica e com várias oportunidades de melhoria.

O Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Enel Distribuição Ceará, empresa do Grupo Enel, vem trabalhando em um projeto piloto a nível nacional, cujo objetivo é implementar uma microrrede. Intitulado de “Desenvolvimento de Aplicação Piloto de Microrrede de Distribuição de Energia com Geração Distribuída e Modelo de Operação Comercial”, o projeto de código PD-0039-0073-2014, que também

pode ser conhecido como Projeto Microrrede Inteligente, trata-se da primeira microrrede em escala real mapeada do país [2].

O piloto está sendo executado em um condomínio residencial na cidade de Fortaleza, Ceará. Contando com cerca de 300 (trezentas) unidades consumidoras alimentadas em baixa tensão, mais cargas de uso comum, como as do clube recreativo, portaria, iluminação pública e de segurança, a microrrede piloto possui uma combinação de sistemas de microgeração de energia que estão distribuídos em: 10 (dez) sistemas fotovoltaicos com potência de 2 kW cada, instalados em unidades consumidoras residenciais, além de um sistema híbrido com potência de 25 kW de geração fotovoltaica mais 7 kW de geração eólica. Adicionalmente, conta com um sistema fotovoltaico com potência de 2 kW instalados na guarita de segurança, totalizando, assim, 54 kW de geração através de fontes renováveis. Além dos sistemas de geração, a microrrede piloto conta com um sistema de armazenamento de energia composto por um banco de baterias de íons de lítio de 250 kW de potência nominal e 111 kWh de capacidade de armazenamento, que tem como principal objetivo, suprir energia para cargas críticas de algumas unidades consumidoras e de uso comum.

O funcionamento pleno da microrrede piloto poderá ser observado em eventos de contingência no fornecimento da concessionária de energia local, e a dinâmica será a seguinte forma: todo condomínio e as unidades consumidoras definidas como não prioritárias, serão desconectadas da rede principal (rede da concessionária) através de religadores e medidores inteligentes para que assim, toda energia armazenada no BESS (*Battery Energy Storage System*) seja consumida apenas pelas cargas pré-definidas como críticas. Atuando de forma integrada, a microrrede conta ainda com sistemas de controle e gestão que serão capazes de, por exemplo, gerenciar o parque de iluminação pública existente no condomínio, assim como permitir um maior controle sobre as cargas das residências prioritárias, proporcionando ao usuário uma experiência de interação real. Um sistema SCADA, elemento de inteligência centralizado da microrrede, tem a capacidade de controlar todo fluxo de informação entre os diversos elementos distribuídos por todo o condomínio, assim como armazenar o histórico de eventos de forma local e reportar informações críticas do religador de entrada para a distribuidora. Vale salientar que o sistema piloto foi projetado para que a microrrede seja capaz de operar tanto em modo conec-

Os autores agradecem ao Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do setor de energia elétrica regulado pela ANEEL e à ENEL Distribuição Ceará pelo suporte financeiro ao projeto. Este artigo está relacionado ao projeto “Desenvolvimento de Aplicação Piloto de Microrrede de Distribuição de Energia com Geração Distribuída e Modelo de Operação Comercial”, Cód: PD-0039-0073-2014.

S. M. Campos, D. M. Campos e R. F. C. da Silva trabalham na Enel Soluções (e-mails: saulo.campos@enel.com, deyvaid.campos@enel.com, rafael.coelho@enel.com).

J. N. R. da Silva Júnior trabalha na ENEL Distribuição Ceará (e-mails: nilo.rodrigues@enel.com).

tado, ou seja, tendo a rede elétrica da distribuidora como principal fonte de energia, quanto em modo ilhado, sendo o BESS a fonte principal.

A microrrede piloto pode ser caracterizada como um grande protótipo de um produto ou negócio que foi projetado para ter um alto grau de interoperabilidade, não se limitando, por exemplo, a fabricantes de equipamentos, quantidade de unidades prioritárias, perfil de carga de clientes e a localização. Para isso foi definido uma padronização nos protocolos de comunicação, facilitando assim, a integração entre os vários sistemas da microrrede, algo essencial para a replicabilidade da solução.

Neste artigo serão apresentados os protótipos de modelos de negócios comerciais com potencial de aplicação no Brasil, desenvolvidos utilizando a ferramenta *Business Model Canvas*, cujo objetivo é apresentar uma visão holística do negócio, através da investigação da proposta de valor do negócio, analisando o mercado de maneira geral e identificando os segmentos de clientes e a forma de relacionamento com estes, os canais de comunicação e logística, bem como as atividades, recursos e parceiros chaves, além de apresentar as estruturas simplificadas de custo e receita.

II. PANORAMA ATUAL DAS MICRORREDES

De acordo com o relatório elaborado pela *Markets and Markets*, uma das maiores empresas de pesquisa de mercado a nível mundial, estima-se que o mercado de microrredes, alcance o patamar de 34,94 bilhões de dólares até o ano de 2022 [3]. Diversos são os fatores que vem impulsionando uma mudança nos modelos tradicionais praticados pelas concessionárias de energia. Este mercado, através de soluções disruptivas, vem sendo modificado e experimenta uma mudança de filosofia e quebra de paradigmas. Atualmente, nos países mais desenvolvidos, é comum a procura por soluções alternativas aos modelos de fornecimento de energia atuais, como por exemplo, aquelas que agregam o benefício da resiliência e sustentabilidade, fomentadas pela crescente oferta de novos produtos e serviços, como é o caso das soluções de geração distribuída, de armazenamento de energia e microrredes. Tal fato se deve, em grande parte, ao significativo declínio nos custos de equipamentos, em especial os painéis fotovoltaicos e baterias. No entanto, as políticas, regulamentações e padrões de propriedade do cliente são alguns dos principais desafios no mercado global das MaaS (*Microgrid as a Service*) [4].

Segundo o instituto de pesquisas norte americano, *GTM Research* [5], o mercado de microrredes está deixando de se limitar ao nicho das soluções voltadas para bases militares e comunidades isoladas (muito comum em diversos países da Europa e Estados Unidos) e está se tornando uma inteligente ferramenta de modernização da rede elétrica, com a tendência de aumento na oportunidade de mercado em mais de 3,5 vezes até 2020, o que corresponde a aproximadamente 829 milhões de dólares por ano [5]. Atualmente, a maioria das microrredes americanas estão instaladas em comunidades remotas, ilhas, universidades ou centros de pesquisa, comunidades residenciais, instituições públicas, instalações milita-

res e instituições comerciais.

No Brasil, um dos marcos regulatórios que impulsionou uma quebra de paradigma nos modelos tradicionais de geração e distribuição de energia, foi a resolução nº 482, criada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que regulamentou o acesso da mini e microgeração aos sistemas de distribuição e criou o sistema de compensação de energia, permitindo que unidades consumidoras com geração própria possam também injetar energia na rede de distribuição [6]. Mais recentemente, em 2015, a resolução nº 687 da ANEEL [7], também pode ser considerada um marco para o setor de energia, uma vez que, acrescentou mudanças ao modelo vigente, adicionando na regulação do setor elétrico os conceitos de “geração compartilhada”, “autoconsumo remoto” e “empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras”. Mesmo com tais avanços, o Brasil ainda está regulatóriamente, distante de países como Estados Unidos e Japão, nos quais os mercados são bem mais livres para a criação de novos modelos de negócios.

Embora a criação de uma regulação específica para o setor represente um grande avanço no sentido de incentivar a disseminação e uso de novas formas de geração e distribuição de energia, o Brasil ainda carece de mecanismos regulatórios que resultem em um incentivo maior ao uso dessas tecnologias e somado a isso, incentivos econômicos e financeiros devem caminhar juntos uma vez que os custos inerentes a implementação de projetos como estes, são bastante elevados. Diante disso, torna-se necessário a elaboração de modelos de negócio que funcionem em concordância com a regulação atual e que contribuam para futuras discussões regulatórias.

III. METODOLOGIA

Através de pesquisas realizadas buscando identificar projetos de microrredes implementados em outros países e tendo como principal arcabouço a atual regulação brasileira, foram realizados diversos *workshops*, envolvendo profissionais de diversas áreas de conhecimento, com o objetivo de realizar um levantamento sobre os potenciais modelos de negócio voltados para microrredes e suas correlações.

Foram levantados alguns dos principais problemas que as soluções de microrredes são capazes de solucionar, ou seja as principais propostas de valor que as microrredes podem ofertar e quais segmentos de clientes enxergam valor nessas proposições, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Problemas a serem resolvidos pelas microrredes brasileiras.

Segmento de cliente impactado pelo problema	Principais problemas a serem resolvidos pelas microrredes
Residências ou comunidades isoladas ou de difícil acesso	Ausência ou precariedade no fornecimento de energia elétrica
	Dificuldade logística das comunidades remotas no uso de geradores à diesel
	Qualidade da energia pode depender do período do ano (sazonalidade da demanda)
	Dificuldade de atendimento da distri-

	buidora
Clientes Residenciais	Quedas ou oscilações na rede elétrica podem causar queima em equipamentos domésticos
	Grande dependência da distribuidora em relação ao suprimento elétrico
	Tempo de reestabelecimento da energia bastante variável
Clientes Comerciais / Industriais	Quedas ou oscilações na rede elétrica podem interromper alguma atividade crítica causando prejuízos não cobertos pela distribuidora
	Dificuldade de atendimento da demanda contratada pela distribuidora
	Longos prazos para expansão de rede e aumento da demanda
	Grande dependência da distribuidora em relação ao suprimento elétrico
	Tempo de reestabelecimento da energia bastante variável
	Possível necessidade de realizar investimentos em soluções de <i>backup</i> (gerador à diesel)
Distribuidoras de Energia	Pagamento de indenizações devido aos indicadores de qualidade DIC, FIC, DMIC e DICRI
	Pagamento de multas devido a causas judiciais
	Perdas técnicas e não técnicas
	Sazonalidade na demanda em regiões específicas

A grande maioria dos problemas identificados e descritos na Tabela 1 são originados pela falta de resiliência e confiabilidade no atual modelo de oferta de energia praticado pelas distribuidoras que muito embora possuam metas de qualidade de energia estabelecidas regulatoriamente, em alguns casos, estes índices não são cumpridos. O impacto causado por estes indicadores de qualidade, é percebido de maneira diferente entre os segmentos de clientes das distribuidoras de energia. Para um cliente residencial, por exemplo, a indisponibilidade no fornecimento de energia por algumas horas, tem pouca representatividade (é difícil mensurar o custo da falta de energia para este cliente) quando comparado a um cliente industrial. Neste segmento de mercado os níveis de qualidade da energia fornecida devem ser elevados, de modo a não oferecer riscos de interrupção na produção, evitando paralisações de um ou mais processos internos específicos, que resultam em grandes prejuízos com a perda da produção industrial. Estes clientes, podem ser chamados de negócios eletrodependentes ou clientes de confiabilidade total, podem ser identificados como potenciais clientes de uma solução de microrrede. Reconhecidas por sua capacidade de fornecer energia de maneira praticamente ininterrupta, com altos níveis de qualidade e confiabilidade, as microrredes seriam capazes de atuar em um momento de contingência, seja na falta da distribuidora ou no equilíbrio dos níveis de qualidade da energia fornecida.

Devido a importante característica da interoperabilidade de algumas microrredes, é possível agregar várias soluções que não objetivam somente a resolver os problemas já identifi-

cados, mas que podem adicionar funcionalidades ainda não contempladas e proporcionar uma nova experiência de uso para os segmentos de clientes. Logo, tendo em vista a grande variedade de subprodutos que podem ser integrados de maneira combinada às soluções de microrredes, é necessário estabelecer um conceito de microrredes básicas, ou seja, soluções de microrredes voltadas para atender exclusivamente os principais problemas apontados pelos usuários do sistema elétrico.

Nos estudos e pesquisas realizadas, a arquitetura básica de uma microrrede é composta por sistemas de geração de energia (micro ou mini), sistemas de acumulação de energia centralizados (para fornecimento em média ou alta tensão) ou distribuídos (para fornecimento em baixa tensão) e por sistemas de controle inteligentes que fazem a gestão da microrrede. Atendendo para os problemas levantados na Tabela 1 e fazendo uma composição com os elementos das microrredes básicas, foram levantados três potenciais tipos de microrredes com potencial de aplicabilidade no mercado brasileiro.

No Brasil, a Lei 10.438, de 26 de abril de 2002 [8], garante a universalização dos serviços públicos de energia elétrica, ou seja, todo cidadão poderá solicitar à concessionária de energia local, acesso ao serviço de fornecimento de energia independentemente da localidade onde reside e baseado nesta lei, este pedido deve ser atendido pelas concessionárias.

Reconhecidamente um país com dimensões continentais, o Brasil possui um território extenso e um acesso a regiões interioranas bastante difícil devido a falta de estrutura e políticas de desenvolvimento destas regiões. Sendo assim, o cumprimento de políticas de expansão e de acesso à energia, esbarram nos obstáculos e na complexidade nas instalação de redes de distribuição nos moldes tradicionais, obrigando às concessionárias a buscarem alternativas para a prestação destes serviços. Um exemplo que ilustra esta situação, é a instalação de sistemas fotovoltaicos para atendimento à demanda de energia de determinado cliente, conhecidos como sistemas isolados.

O primeiro modelo de microrrede identificada como potencial, voltado para o atendimento a clientes que se encontram isolados, como residências e comunidades do sertão nordestino, comunidades do Norte, como tribos indígenas e algumas ilhas totalmente isoladas e longes da plataforma continental, é representado pela Figura 1 e composto basicamente por um sistema de acumulação de energia, como baterias e por sistemas de geração, como sistemas fotovoltaicos, por exemplo. É importante destacar que o uso de baterias juntamente com geração fotovoltaica, possibilita a geração e o armazenamento de energia durante o dia para uso diurno e noturno.

O segundo modelo, representado pela Figura 2, busca a resolução de problemas para dois segmentos de mercado, as concessionárias de energia e unidades consumidoras. Chamados de modelos de microrredes mistos, o foco de implantação da solução é a qualidade na entrega de energia.

Os impactos oriundos de falhas nos sistemas de distribuição de energia podem ser prejudiciais tanto para os clientes finais que, mesmo pagando altas tarifas e tributos, muitas

vezes não recebem energia com a qualidade esperada, quanto para as distribuidoras que, muitas vezes, não conseguem atender rapidamente a crescente demanda por energia e acompanhar os prazos para extensão de rede, por exemplo. Logo, neste modelo, uma microrrede é capaz de proporcionar benefícios tanto para o consumidor de energia, quanto para as distribuidoras. Entretanto, a complexidade na definição dos papéis e atividades dentro da microrrede é uma tarefa complexa. Além de definir a maneira como os equipamentos e tecnologias serão operados, é preciso definir como os investimentos neste tipo de solução serão realizados uma vez que, o sistema é capaz de prover benefícios para diferentes segmentos de clientes.

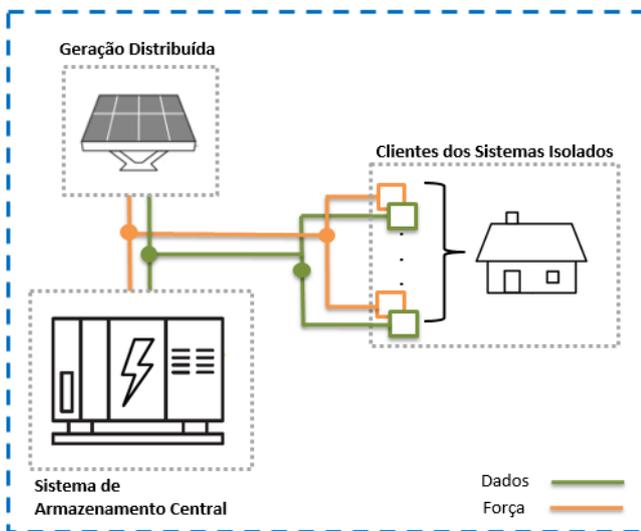


Figura 1. Arquitetura básica da microrrede para clientes isolados.

A arquitetura básica desta microrrede, conta com sistemas de armazenamento de energia e geração (micro ou mini-geração) própria (centralizados ou não), equipamentos para operação em modo ilhado (religadores, chaves e medidores inteligentes) e sistema de controle e gestão.

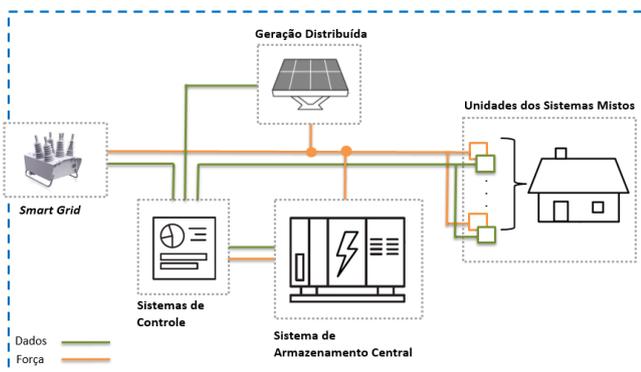


Figura 2. Arquitetura básica de microrredes mistas.

O terceiro e último modelo levantado é representado pela Figura 3. Os chamados sistemas de confiabilidade total, trazem umas das principais características das microrredes, a confiabilidade no fornecimento de energia. O segmento de clientes identificado como potencial para esta solução, são aqueles extremamente dependentes por um fornecimento de energia de qualidade (ausência de quedas ou oscilações),

chamados de clientes de negócios eletrodependentes.

A principal proposta de valor do modelo é fornecer energia de forma ininterrupta, mesmo em regiões com um alto risco na perda do fornecimento da distribuidora. Para isso, é necessário que no mínimo a microrrede possua um sistema de armazenamento de energia, um sistema de geração de energia, equipamentos para ilhamento (no caso de clientes *on-grid*) e um sistema de controle e gestão.

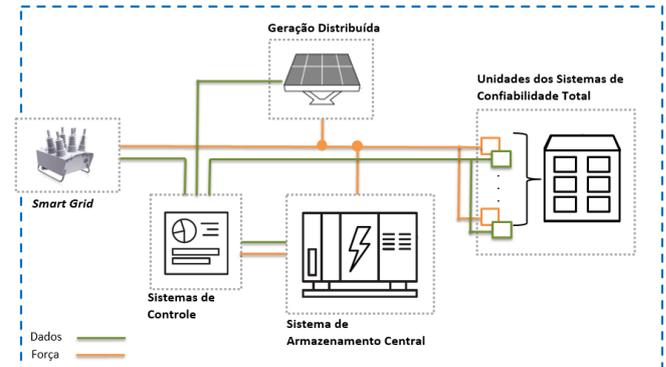


Figura 3. Arquitetura básica das microrredes de clientes com negócios eletrodependentes.

Levantados os principais problemas, identificados os tipos de clientes a serem atendidos e definidas as arquiteturas básicas dos modelos de negócios é importante definir o papel das distribuidoras de energia na dinâmica dos cenários de implementação das microrredes.

No que diz respeito aos sistemas para atendimento a regiões isoladas, as microrredes poderiam ser mais uma opção de arquitetura de rede de distribuição instalada pela distribuidora. Com ativos de longa vida útil e com pouca necessidade de manutenção, como no caso dos módulos fotovoltaicos, este tipo de microrrede poderia ser um meio de postergar eventuais investimentos a serem feitos na extensão de longas redes de distribuição, por exemplo.

Já na visão das microrredes chamadas de mistas, a participação da distribuidora é bem mais complexa. Para este modelo, sob o ponto de vista de investimento, é necessário identificar as necessidades tanto das unidades consumidoras, quanto da concessionária de energia, buscar maneiras de precificar estas necessidades e definir a posse dos principais ativos e a composição e percentuais de participação nos custos totais de implementação da microrrede.

Em contrapartida, o modelo de microrrede para clientes eletrodependentes não envolve diretamente e obrigatoriamente a figura da distribuidora de energia local. Para este cenário, a dinâmica de disposição e instalação dos equipamentos se difere dos demais, uma vez que, neste modelo todos os componentes da microrrede não seriam ativos de posse direta da concessionária de energia, entretanto, estes poderiam prestar serviços às redes das mesmas. Neste caso, a distribuidora local fornece energia de forma convencional e em casos de falhas no suprimento, a microrrede pode atuar para suprir as cargas pré-definidas com mais críticas.

Para todos os casos, como já descrito anteriormente, é necessário definir os papéis e atividades de cada participante da microrrede para definir, por exemplo, quem fará o contro-

le e gestão das informações que transitam pela microrrede, quem será o responsável técnico do sistema, quem são os operadores e mantenedores e etc. Para isso, uma solução é a inclusão da figura de um integrador na microrrede, ao qual caberá o papel de executar as atividades de projeto e construção e exercer, após implantação, o papel de operador e mantenedor da microrrede.

Reunindo todos os conceitos e definições abordados durante os parágrafos anteriores, para apresentação dos protótipos de modelos de negócios será utilizada a ferramenta descrita no livro *Business Model Generation* [9], chamada de *Business Model Canvas*, ou simplesmente *Canvas*. Esta ferramenta é uma espécie de mapa, que guia a construção de modelos de negócios através da identificação de proposições distribuídas em nove blocos, constituídos para definir as propostas de valor para o modelo em questão, quais segmentos de clientes se pretende atingir, a forma como se dará o relacionamento com eles, quais serão os canais de logística e de comunicação que serão utilizado, quais as principais atividades e recursos necessários, quem são os parceiros chaves e com o que o modelo espera ter de despesas e receitas. Neste artigo, serão descritos os principais blocos, com destaque para os Segmentos de Clientes, Proposta de Valor e Receitas.

Todos os modelos que serão apresentados ao longo deste artigo, foram elaborados considerando a inclusão da figura do integrador como o agente único que irá ofertar a solução em microrrede uma vez que, além das distribuidoras atuarem em um mercado complexo e regulado, estas possui em seus modelos de negócios com *business core* definidos.

IV. PROTÓTIPO DE MODELO DE NEGÓCIO DE MICRORREDES PARA CLIENTES ISOLADOS

A Figura 4, apresenta a visão geral do modelo de negócio para oferta de soluções de microrredes voltadas para clientes isolados ou em localidades de difícil acesso.

Esse protótipo teve como principal premissa a aplicação de uma microrrede para atendimento a clientes sem acesso a energia ou localizados em regiões de difícil acesso, ou seja, com fornecimento precário ou sem manutenção, como em localidades da Amazônia. Uma ilha pode ser um excelente exemplo de aplicação desse modelo, pois normalmente o fornecimento de energia para essas regiões é bastante complexo, oneroso e problemático. Para esses casos, um sistema de microrrede se encaixa muito bem.

Ainda na Figura 4, os blocos laranjas, referem-se às distribuidoras de energia, já os verdes às unidades consumidoras localizadas em regiões sem acesso à energia. Os quadros de interseção foram identificados pela cor azul e representam tanto as propostas de valor em comum e seus segmentos de clientes.

A. Segmentos de clientes

Regiões sem acesso à energia – As microrredes podem servir de solução para o fornecimento de energia para regiões ou clientes que ainda não são energizados, sendo a solução implantada de forma definitiva ou temporária.

Distribuidora – A própria concessionária é cliente do modelo, uma vez que, ela é obrigada a fornecer energia para toda área de concessão e pode utilizar a solução de microrrede como alternativa.

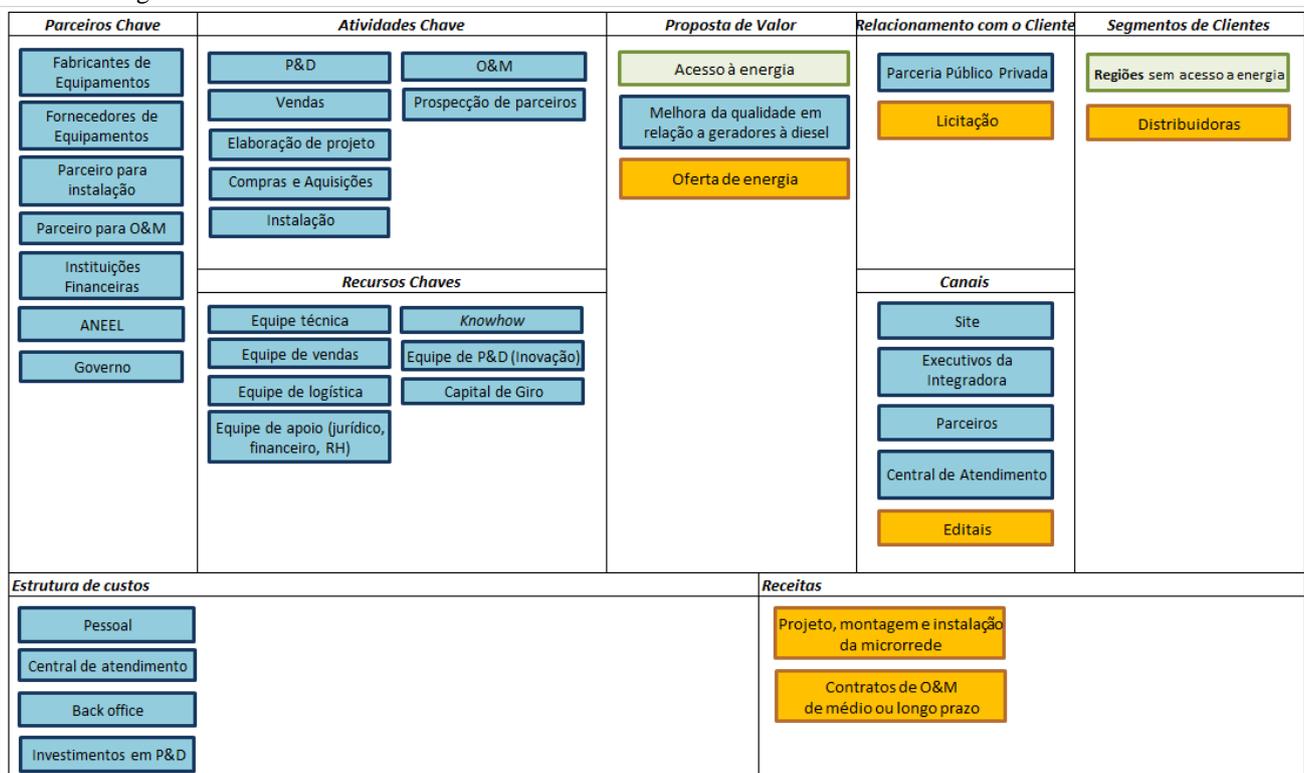


Figura 4. Canvas microrrede para clientes isolados.

B. Proposta de Valor

Acesso à energia – A microrrede tem capacidade de atender grupos de cliente que ainda não foram energizados, seja unicamente através de geração distribuída ou fazendo uma composição de geração mais armazenamento de energia (para uso noturno). Neste caso a energia gerada localmente é consumida e o excedente é armazenado em baterias para uso noturno.

Melhora da qualidade em relação a geradores à diesel – Os geradores à diesel certamente são as principais fontes de energia elétrica de várias comunidades de difícil acesso atualmente. Porém, os geradores à diesel além de serem emissores de gases do efeito estufa, são caros, pouco eficientes e necessitam de manutenção constante. Em contrapartida, o uso de geração fotovoltaica em regiões de difícil acesso é bastante adequado, já que não necessitam de manutenção periódica e não dependem de combustíveis fósseis. Quando utilizados juntamente com baterias, estes sistemas podem fornecer energia também em horário noturno.

Oferta de energia – Realizar a conexão de unidades ainda não energizadas é também interesse da distribuidora de energia, uma vez que essa atividade é prevista por lei [8].

C. Canais

Editais – Editais, chamadas públicas ou licitações podem ser considerados canais comerciais, pois é através desse tipo de instrumento que integradores poderão ofertar soluções de microrredes para as distribuidoras de energia, principais clientes do protótipo.

Outros – Os outros blocos de canais apresentados na Figura 4 (executivos da distribuidora, site, parceiros, central de atendimento) são oferecidos pelas empresas integradoras para que os seus clientes (distribuidoras) consigam contatá-los.

D. Relacionamento com clientes

Parceria Público Privada – As parcerias público privadas poderiam ser realizadas entre distribuidoras de energia, prefeituras, governos e empresas do setor elétrico. A parceria poderia ocasionar bons resultados, como a oferta a longo prazo de serviços a um preço menor, por exemplo.

Licitação – Para que uma distribuidora de energia, sendo privada ou estatal, contrate um serviço ou uma solução é necessário que publique uma licitação, a qual irá definir a empresa executora a ser contratada para realizar o fim. Com as soluções de microrrede não seria diferente: a distribuidora deveria abrir um processo de licitação para que o serviço possa ser contratado.

E. Atividades Chaves

As principais atividades para a oferta de soluções de microrredes para clientes isolados, são: vendas, prospecção de clientes e parceiros, elaboração de projetos, compras e aquisições, instalações, atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e operação e manutenção (O&M).

F. Recursos chaves

Os principais recursos para a oferta de soluções de microrredes para clientes isolados, são: equipe técnica, equipe

de vendas, equipe de logística, equipe de apoio, equipe de P&D, capital de giro e *know-how*.

G. Parceiros Chaves

Os principais parceiros para a oferta de soluções de microrredes para clientes isolados, são: fabricantes de equipamentos, fornecedores de equipamentos, parceiro para instalação, parceiro para O&M, instituições financeiras, órgão regulador (ANEEL) e Governo.

H. Custos

Os principais custos para a oferta de soluções de microrredes para clientes isolados, são: pessoal, atendimento, *backoffice* e P&D. Custos com aquisições de equipamentos, materiais, licenças de *softwares*, dentre outros devem ser repassados ao cliente (distribuidora).

I. Receitas

A receita é obtida através da elaboração da solução e do projeto, da montagem do sistema da microrrede e através da participação em contratos de operação e manutenção de médio ou longo prazo. Também é possível obter receita através da venda de equipamentos, os quais muitas vezes são importados.

V. PROTÓTIPO DE MODELO DE NEGÓCIO DE MICRORREDES MISTAS

A Figura 5 apresenta o modelo de negócio para oferta de soluções de microrredes mistas do ponto de vista do integrador do sistema. A principal característica deste modelo é que parte do investimento é pago pela distribuidora (ativos instalados antes do medidor de faturamento) e a outra parte pelo cliente final (ativos instalados após o medidor de faturamento). No caso do sistema de armazenamento de energia, ativo que oferece benefícios tanto para a distribuidora, quanto para o cliente final, o investimento é compartilhado, com rateio proporcional a cota de energia e potência de cada agente (participante ou distribuidora). Neste caso, é considerado que a distribuidora também seria uma das beneficiadas, pois poderiam utilizar de funcionalidades da bateria para fazer suporte à rede.

Nesta seção serão destacados apenas os blocos pertencentes aos campos de segmentos de clientes, propostas de valor e receitas, pois considera-se que são os mais relevantes para o modelo e os demais são semelhantes aos descritos no capítulo anterior.

O protótipo de microrredes que será implementado no projeto piloto será o das microrredes mistas, uma vez que os clientes são de diferentes perfis e já estão conectados à rede da distribuidora. Para uma melhor viabilidade econômica financeira, é necessário que a região da microrrede seja deficitária em termos de fornecimento elétrico, mas este é um tema para estudos futuros.

A. Segmento de clientes

Clientes em regiões com baixa qualidade no fornecimento de energia – Normalmente, são clientes, ou grupos de clientes, que sofrem com quedas no fornecimento, oscilações de tensão ou outros problemas relacionados a qualidade de

energia. Em alguns casos esses clientes estão localizados no fim de alimentadores ou regiões que podem ficar com o fornecimento comprometido em alguns períodos do ano devido a sazonalidade da demanda.

Além dos benefícios proporcionados pelo uso de um sistema de armazenamento, é necessário que cada participante tenha um sistema de geração distribuída. No caso do projeto piloto, a fonte utilizada nas unidades foi a fotovoltaica. É possível também que grupos de clientes em regiões contíguas possam usufruir de uma planta solar de maior potência com geração compartilhada [7], diminuindo custos devido ao ganho de escala do sistema.

Distribuidora – As distribuidoras de energia também são beneficiadas com o modelo de negócio de microrrede mista. Devido ao sistema de armazenamento de energia, é possível ter uma maior segurança na garantia dos indicadores de qualidade de fornecimento, pois em eventos de falhas na distribuição, a bateria passa a ser a principal fonte, garantindo o fornecimento para algumas unidades. Consequentemente, além de melhorar nos indicadores de qualidade, reduz-se também as indenizações pagas aos clientes finais. Além disso, a distribuidora poderá utilizar o sistema de armazenamento de energia para aliviar o sistema em horários de pico de demanda.

B. Proposta de Valor

Energia com alta qualidade – A microrrede tem a capacidade de gerar energia, armazenar e utilizar quando for mais conveniente, além de possuir funcionalidades de gerenciamento energético, leitura de indicadores de qualidade e variáveis do sistema.

No projeto piloto Microrrede Inteligente, através de uma combinação hierárquica entre inteligência distribuída (controladores locais) e controle centralizado (supervisório SCADA), o operador pode monitorar praticamente todos os

ativos da microrrede, desde o sistema de acumulação central, equipamentos de iluminação e iluminação pública, até mesmo os sistemas de geração das unidades consumidoras, além de poder acompanhar as curvas de carga dos grupos de consumidores da microrrede.

Fornecimento de energia ininterrupto – Uma das principais características das microrredes *ongrid*, aquelas microrredes conectadas à rede da distribuidora, é conseguir se isolar da rede elétrica em momentos de falta, ficando temporariamente independente. Conhecendo o histórico de faltas da região, uma microrrede pode ser projetada para fornecer energia de forma ininterrupta pelo menos para as cargas prioritárias. O tempo de fornecimento elétrico em modo ilhado depende da potência e capacidade de armazenamento da bateria, porém o consumo dessa energia pode ser melhor gerido através de *softwares* de controle e dispositivos de gestão de demanda.

Reconhecimento do cliente sustentável (uso de fonte renovável) – Devido a capacidade da microrrede de se integrar a sistemas de geração por fonte renovável, os participantes podem ser beneficiados no aspecto da sustentabilidade, uma vez que são investidores diretos nesse tipo de sistema, até certo ponto, ambientalmente correto.

Custos evitados por causas judiciais e multas – transtornos como quedas constantes do fornecimento de energia, queima de equipamentos e outros prejuízos causados em clientes finais, podem servir de motivos para uma série de causas judiciais contra a distribuidora em questão. Com a instalação de uma microrrede, é possível diminuir a quantidade desses problemas, uma vez que o nível de serviço se eleva.

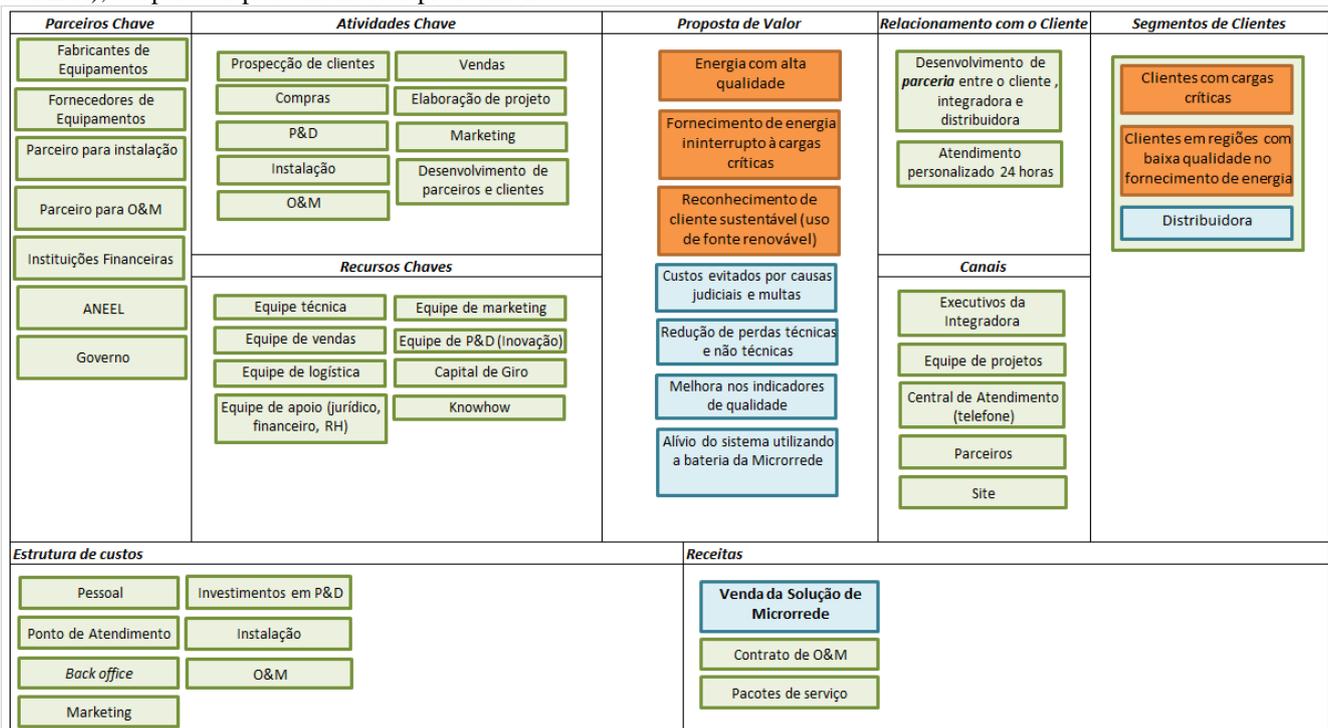


Figura 5. Canvas microrrede mista.

Redução de perdas técnicas – Diferentemente do que existe no sistema tradicional de distribuição de energia (hidroelétricas e termoelétricas centralizam a geração para transmitir e distribuir energia por longas distâncias), a geração e distribuição de uma microrrede acontece localmente, próxima as cargas, fazendo com que as perdas técnicas diminuam.

Melhoria nos indicadores de qualidade – As microrredes tem potencial para melhorar a qualidade do fornecimento de energia e garantir o fornecimento ininterrupto de energia para os participantes melhorando, conseqüentemente, os indicadores coletivos de continuidade e conformidade, como o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), conforme definido no Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST [10].

Alívio do sistema utilizando a bateria da microrrede – Segundo [11], tradicionalmente, a necessidade de um equilíbrio instantâneo entre geração e demanda tem sido uma das principais restrições dos sistemas elétricos. Muitos sistemas auxiliares têm de ser ajustados para atingir este equilíbrio. Instalações elétricas são dimensionadas para o cenário de pico, no entanto, eles são subutilizados na maioria das vezes. Dispositivos de armazenamento, como baterias, são elementos extremamente úteis para melhorar esta situação. Foram propostas estratégias de controle para melhor corresponder a cenários com geração fotovoltaica e carga [12].

Outro benefício que as microrredes podem oferecer as distribuidoras de energia são os serviços ancilares, como os descritos na Tabela 2. Em áreas regulamentadas dos EUA, um operador do sistema da microrrede conduz os despachos dos ativos de geração para minimizar os custos totais de produção [13].

Tabela 2. Serviços Ancilares EUA [13].

Nome do Serviço	Definição
Arbitragem de energia	A compra de eletricidade no mercado livre, enquanto o Preço Marginal de Localização (PML) da energia é baixo (normalmente durante as horas noturnas) e a venda de eletricidade ao mercado livre quando os LMPs são mais altos.
Regulação de frequência	A regulação de frequência é necessária para garantir que a geração de todo o sistema seja perfeitamente compatível com o nível de carga do sistema.
Reservas “Spin / Non-Spin”	A reserva “spin” é a capacidade de geração que está on-line e capaz de atender imediatamente a carga em resposta a um evento de contingência inesperado. Já reserva “non-spin” é a capacidade de geração que pode responder a eventos de contingência em um curto período, geralmente menos de dez minutos, mas não está instantaneamente disponível.
Regulação de tensão	A tensão no sistema de transmissão e distribuição deve ser mantida dentro de uma faixa aceitável para garantir que a geração e a demanda estejam balanceados. No Brasil, existe uma obrigatoriedade clara que assegura o nível de tensão entregue.

C. Receitas

Para este modelo, a distribuidora de energia pode contratar um integrador, especialista na oferta de soluções de microrredes para executar todas as atividades para implantação de um sistema dessa natureza. Neste caso, a distribuidora receberia a microrrede operando e poderia contratar também os serviços de O&M do sistema ou assumir essas atividades. A distribuidora seria responsável por todos os ativos instalados na rede de distribuição e por aqueles essenciais para a operação da microrrede. Os ativos relacionados aos clientes finais, como os sistema de geração distribuída, equipamentos de controle local de cargas e de comunicação, devem ser de responsabilidade do cliente participante, uma vez que a responsabilidade da distribuidora limita-se à saída do medidor.

O pagamento do investimento, operação e manutenção de ativos que beneficiem tanto as distribuidoras, quanto aos clientes, como a bateria instalada antes do medidor e servidores, por exemplo, deve ser acordado entre as partes, porém, é proposto neste artigo que este rateio seja proporcional à cota de energia da bateria de cada parte. Por exemplo, se a distribuidora necessita utilizar cerca de 60% da energia da bateria diariamente, ela deve ser responsável por pagar 60% do investimento no ativo, sendo o restante pago pelo cliente final ou grupo de clientes.

VI. PROTÓTIPO DE MODELO DE NEGÓCIO DE MICRORREDES DE CONFIABILIDADE TOTAL

A Figura 6 apresenta o modelo de negócio proposto para oferta de soluções de microrredes voltadas para atender clientes cujos negócios dependem de um fornecimento ininterrupto de energia.

Uma característica deste modelo é a não participação da distribuidora nos investimentos realizados para compor o sistema, uma vez que ela não seriam beneficiadas pelo sistema. Dessa forma, para este modelo, o sistema de armazenamento deve sempre ser instalado após o medidor de faturamento. Em casos em que a bateria seja utilizada para suprir múltiplos cliente (instalação do sistema de armazenamento em Média Tensão), é necessário aprovação do projeto junto à distribuidora de energia, principalmente nos quesitos proteção e automação da rede e operação do sistema ou então construir uma rede de distribuição própria. Também é necessário que o cliente assuma todos os custos de reforço à rede e eventuais melhorias para compor esse tipo de solução. Para complementar, uma microrrede composta por um único cliente pode ser chamada de nanorrede (*nanogrid*) [14].

Na seção a seguir, serão destacados os blocos pertencentes aos campos de segmentos de clientes, propostas de valor e receitas.

A. Segmento de clientes

Se a demanda não pode ser fornecida no momento em que os consumidores precisam, a qualidade da energia pode ser prejudicada, no pior caso, isso pode levar a uma interrupção do serviço [15]. Alguns tipos de unidades consumidoras não podem ficar, nem por segundos, sem o fornecimento elétrico, devido a sua natureza produtiva. Logo, justifica-se a uti-

lização de um sistema com características de resiliência e autonomia, presentes nos sistemas de microrredes.

Um sistema de armazenamento integrado a sistemas de geração distribuída tem a capacidade de resolver alguns problemas causados pela perda no suprimento de energia em certas condições. Integrando estes sistemas a softwares inteligentes é possível identificar uma falta e iniciar um processo automatizado de ilhamento e seleção de cargas prioritárias. Logo, essa integração garante o fornecimento sempre que falte energia, além de diminuir o impacto na transição rede-bateria, conforme está sendo feito no projeto piloto Microrrede Inteligente.

Hospitais, indústrias químicas, universidades, bases militares, presídios de segurança máxima e *datacenters* são exemplos de clientes que tem potencial de receberem uma microrrede de confiabilidade total. Proposta de Valor

Fornecimento ininterrupto de energia – Cada microrrede é projetada para atender especificamente um conjunto de cargas por um tempo máximo pré-determinado. No caso das microrredes de confiabilidade total, outros fatores são levados em consideração no projeto, como: DEC, FEC, DIC, FIC, posto horário, e entre outros. Essas variáveis definem, por exemplo, o tamanho do sistema de armazenamento da microrrede, bem como a potência dos sistemas de geração distribuída. Exemplificando, se o máximo de tempo que uma região específica ficou sem energia foi de duas horas, o sistema de armazenamento e o sistema de geração distribuída devem ser dimensionados para cobrir essa falta. Dessa forma, com base em uma base histórica, o cliente estará resguardado e certamente não ficará sem energia em uma eventual falha na rede principal.

Controle e gestão de cargas – Na ocorrência de interrupção de energia, o sistema de armazenamento de energia deve suprir somente as cargas mais críticas. Dessa forma, a instalação de dispositivos de gestão de demanda, como os quadros e tomadas inteligentes é de fundamental importância para assegurar o uso mais eficiente da energia de *backup*.

Na microrrede piloto, as cargas residenciais podem ser operadas através do “Smart Quadro” que funciona tanto em modo ilhado, quanto no modo conectado. Por meio do equipamento é possível gerenciar, através de aplicativos móveis, o consumo de cada circuito do quadro de distribuição, além de poder ligar, desligar e realizar agendamento com base em metas de consumo, por exemplo.

B. Receitas

A principal forma de receita é através da oferta de um serviço *turnkey*, ou seja, o integrador é responsável por todas as fases de implantação da microrrede, desde elaboração dos projetos, até a instalação e comissionamento do sistema.

Uma outra fonte de receita é a prestação de serviços de O&M (Operação e Manutenção), uma vez que, a empresa integradora já é detentora de todo o conhecimento necessário, o que pode não acontecer com o cliente.

O integrador também pode ofertar alguns pacotes de serviços que podem se integrar à microrrede, mas que não fazem parte de escopo básico da solução. Tais serviços ou produtos objetivam agregar mais funcionalidades à microrrede.

Parceiros Chave	Atividades Chave	Proposta de Valor	Relacionamento com o Cliente	Segmentos de Clientes
Fornecedores de Equipamentos Fabricantes de Equipamentos Instituições Financeiras Esferas Governamentais Federações e Sindicatos Centros de pesquisa e universidades Fundos de Investimentos Instaladoras Distribuidoras	O&M Instalação Prospecção de Clientes Prospecção de clientes Marketing Prospecção de parceiros Execução de Projeto Compras e Aquisições Pesquisa e Inovação Recursos Chaves Equipe de Manutenção Equipe de Operação Equipe de Engenharia Equipe de backoffice Equipe de Vendas Capital de Giro	Fornecimento Ininterrupto de Energia Controle e gestão de cargas	Customização Assistência 24 horas Canais Site Executivo de vendas Parceiros Fale Conosco	Negócios Eletrodependentes
Estrutura de custos		Receitas		
Marketing Logística Pessoal Equipamentos	Prospecção Pesquisa e Inovação CAPEX OPEX	Venda da Solução de Microrrede Contrato de O&M Pacotes de serviço		

Figura 6. Canvas microrrede para clientes com negócios eletrodependentes ou microrrede de confiabilidade total.

VII. PACOTES COMPLEMENTARES

Os pacotes podem ser constituídos por produtos, serviços ou soluções que podem ser complementares às funcionalidades das microrredes básicas. Estes pacotes são opcionais do ponto de vista da microrrede, logo a decisão de implantação deve ser estudada caso a caso.

Dessa forma, foram considerados pacotes para atender os perfis de clientes descritos nos três protótipos de microrredes apresentados, conforme Figura 7. Sistema fotovoltaico com armazenamento local

Um sistema fotovoltaico é utilizado para gerar energia através da incidência solar em painéis fotovoltaicos. Agregar a funcionalidade de armazenamento de energia nesses sistemas faz com que se obtenha uma maior resiliência em relação à rede de distribuição, uma vez que torna-se possível armazenar energia durante o dia para utilização noturna. Uma outra função importante no contexto das microrredes, é o uso da energia armazenada durante uma eventual falta da rede principal, transformando a unidade prosumidora em uma nanorrede.

A. Dispositivos de gestão de demanda

Para utilização em soluções de microrredes, gerenciar a demanda é essencial, uma vez que a energia disponível em sistemas de armazenamentos é limitada e pode se esgotar rapidamente se não utilizada com eficiência. Durante um eventual ilhamento é necessário que somente as cargas mais prioritárias recebam a energia dos sistemas de armazenamento. Através de aplicativos móveis, os usuários podem, por exemplo, programar o desligamento de algumas cargas e acompanhar o seu consumo.

B. Domótica

Tecnologias de *home automation* são utilizadas com frequência para controlar os mais diversos eletrodomésticos presentes em uma residência. Através de dispositivos de controle remoto é possível, por exemplo, fazer controle de temperatura, configurar cenários de iluminação e multimídia [16].

C. Sistema de telegestão de iluminação pública

Um sistema de telegestão de iluminação pública oferece várias ferramentas e possibilidades para um parque de iluminação de alguma área específica. Através de um software específico, é possível controlar qualquer luminária ou grupos

de luminárias que façam parte do sistema.

Sistemas como este são muito úteis para comunidades e condomínios de grande porte, pois além de uma ferramenta de gestão, o sistema pode ser utilizado para fins de eficiência energética.

D. Sensoriamento remoto

No cenário de microrredes é muito importante obter dados que podem ajudar na previsibilidade de intermitências na rede de distribuição [17], na geração, no consumo e até mesmo no clima, auxiliando as tomadas de decisões [18].

E. Veículos Elétricos

Pesquisas anteriores mostraram que os veículos elétricos podem ser uma tecnologia complementar às microrredes [19]. Tanto os veículos elétricos híbridos *plug-in* (PHEVs), quanto os veículos elétricos de bateria (BEVs), podem ser ligados a uma microrrede para armazenar energias renováveis e usá-la para a propulsão do veículo ou para devolver parte da energia armazenada para a microrrede durante períodos de pico de consumo de energia. Isso pode maximizar a utilização de fontes de energia renováveis, reduzir o consumo de energia fóssil e reduzir a emissão de gases de efeito estufa na área da microrrede [20].

VIII. ANÁLISE REGULATÓRIA

Para microrredes isoladas, existem projetos no Brasil que semelhantes ao modelo de negócios proposto [21] sendo necessário aprimorar a regulação competente de forma a tratar as ações de corte e priorização de cargas. Quanto à questão tarifária, esta deverá ser estruturada levando em consideração os programas de universalização e a modicidade tarifária.

Pra as microrredes *ongrid*, tanto para o caso do modelo misto como para o modelo com confiabilidade total, embora havendo uma base regulatória e tarifária adequada, formada pelo *net metering* [6], ainda existem barreiras regulatórias e dúvidas que devem ser eliminadas e respondidas, como as relacionadas ao pagamento dos ativos, remuneração pelo excesso de geração e cálculo dos créditos gerados de acordo com o posto tarifário.

Pacotes de Serviços	Geração Distribuída Individual	Iluminação Pública	Gestão de Demanda	Sensoriamento Remoto	Veículos Elétricos
Proposta de Valor	Redução na conta de energia Menor dependência em relação a distribuidora	Eficiência Energética Redução no custo de O&M	Eficiência Energética Previsibilidade (Controle e Gestão)	Previsibilidade Integração com Utilities	Maximização no uso das fontes de energia renovável Bateria móvel
Produtos Complementares	Kits de geração fotovoltaica GD com ilhamento local Micro geração eólica	Sistema de Telegestão de Iluminação Pública	Smart Quadro Soluções de domótica Aplicativos Móveis e softwares de gerenciamento elétrico	Sensores para a rede de distribuição e para os sistemas de geração renovável Qualidade da água, coleta seletiva, monitoramento bueiros e esgotos	Carregamento dos veículos e utilização dessa energia em horários de pico Redução das emissões de gases de efeito estufa na área da microrrede

Figura 7. Pacotes de produtos complementares.

É importante considerar também a questão da remuneração de outros serviços prestados pela microrrede, como o fornecimento de energia reativa e a disponibilização de potência em caso de sobrecarga da rede, representando um serviço de resposta à demanda.

Dessa forma, o atual cenário regulatório brasileiro permite a inserção de microrredes, como a exemplo do projeto de P&D Microrrede Inteligente, porém adequações regulatórias são necessárias para incentivar sua inserção e acelerar a sua viabilidade.

IX. CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou e descreveu alguns protótipos de modelos de negócios elaborados para a implantação de microrredes no cenário brasileiro. Todos os protótipo apresentados partiram do pressuposto de que os negócios seriam executados por uma empresa integradora de tecnologia, a qual é capaz de desenvolver todas as etapas para a implantação de uma microrrede, desde o dimensionamento do sistema, com base em um cliente específico ou grupos de clientes, até a operação diária e manutenção dos equipamentos. Apesar de já existirem casos de microrredes no mundo, não foi identificado nenhum modelo comercial no Brasil.

Primeiramente, foi feita uma breve descrição do projeto piloto “Desenvolvimento de Aplicação Piloto de Microrrede de Distribuição de Energia com Geração Distribuída e Modelo de Operação Comercial”, também denominado de Projeto Microrrede Inteligente. Foi também apresentado o cenário atual de microrredes no Brasil e no Mundo. No capítulo “Metodologia”, foram descritos os principais problemas que as microrredes são capazes de resolver, foram apresentados os segmentos de clientes foco, no Brasil, e a arquitetura das microrredes básicas isoladas, mistas e de confiabilidade total. Nos capítulos subsequentes foram apresentados os protótipos de modelos de negócios das microrredes básicas, alguns exemplos de pacotes complementares e uma breve análise regulatória, a qual será aprofundada em trabalhos futuros.

As microrredes de sistemas isolados são as que apresentam maior caráter socioambiental, pois tem a capacidade de desenvolver comunidades através do fornecimento contínuo de energia elétrica. Para este modelo, a análise de viabilidade deve ser realizada em comparação aos investimentos em extensão de rede da distribuidora. Com base neste modelo, foi elaborada uma matriz SWOT a qual é apresentada na Figura 8.



Figura 8. Matriz SWOT – Microrredes Isoladas.

Já o protótipo de microrredes mistas, apesar de mais complexo tecnicamente e comercialmente, é o que apresenta maior potencial de escalabilidade, pois pode atender clientes de diversas categorias e perfis. Em adicional, pode ser um modelo economicamente viável tendo em vista o rateio dos custos entre a distribuidora e os clientes finais (modelo de participação financeira). Com base neste modelo de negócio, foi elaborada uma matriz SWOT a qual é apresentada na Figura 9.

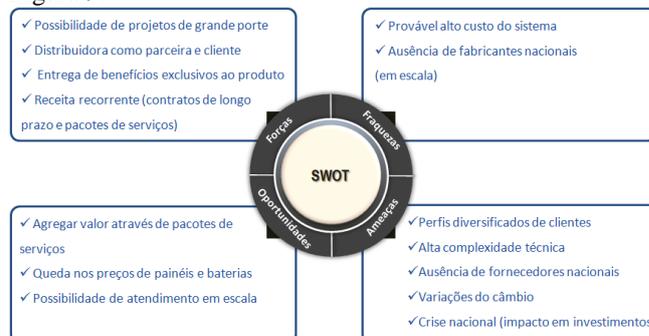


Figura 9. Matriz SWOT – Microrredes Mistas.

O último protótipo apresentado, o das microrredes com clientes de negócios eletrodependentes (confiabilidade total), se mostrou como o comercialmente menos complexo, uma vez que envolve dois agentes principais: a empresa integradora de tecnologia e o cliente final. Como a distribuidora de energia não está intimamente ligada ao modelo, existe uma certa flexibilidade na oferta de produtos complementares que são de interesse dos clientes e podem se agregar à microrrede. Com base neste modelo, foi elaborada uma matriz SWOT a qual é apresentada na Figura 10.



Figura 10. Matriz SWOT – Microrredes de Confiabilidade Total.

As microrredes tem grande potencial de assumirem um papel de relevância no contexto energético mundial, pois agregam soluções específicas para alguns segmentos de clientes, mas que tem um impacto muito significativo no dia a dia de pessoas, empresas, indústrias e das distribuidoras de energia.

Para as concessionárias de energia, o desenvolvimento das soluções de microrredes pode representar uma grande quebra de paradigma, uma vez que os clientes tem a opção de se isolarem energeticamente, ficando, por um período limitado de tempo, independentes. Tendo em vista essa possibilidade, é demasiadamente importante que as distribuidoras estejam aptas e preparadas para receberem projetos dessa natureza, uma vez que o próprio mercado de energia pode

desenvolver soluções cada vez mais viáveis de microrredes e se expandir. Mesmo com certa autonomia desses sistemas, é necessário que as distribuidoras façam parte dos processos de aprovação e operação e que elas se adaptem ao avanço tecnológico e de mercado. Logo, é essencial que o tema de microrredes e das redes elétricas inteligentes seja sempre pauta de pesquisas e estudos, principalmente no âmbito do Programa de P&D ANEEL.

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Portal Brasil, Governo Federal do Brasil. [Online]. Disponível: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/sistemas-isolados>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [2] Microgrid Project, Minnesota, EUA. [Online]. Disponível: <http://microgridprojects.com/>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [3] Markets and Markets, “Microgrid Market worth 34.94 Billion USD by 2022”. [Online]. Disponível: <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/micro-grid-electronics.asp>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [4] Microgrid Media, “‘Microgrid as a Service’ Projected Annual Growth Over 15% In New Report”. [Online]. Disponível: <http://microgridmedia.com/microgrid-as-a-service-projected-annual-growth-over-15-in-new-report/>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [5] Omar Saadeh, GTM Research, “North American Microgrids 2015: Advancing Beyond Local Energy Optimization”. [Online]. Disponível: <https://www.greentechmedia.com/research/report/north-american-microgrids-2015>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [6] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, “Resolução Normativa Nº 482, de 17 de Abril de 2012”, 2012. [Online]. Disponível: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [7] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, “Resolução Normativa Nº 687, de 24 de Novembro de 2015”, 2015. [Online]. Disponível: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [8] Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Lei 10.438, de 26 de abril de 2002. [Online]. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [9] A. Osterwalder, Y. Pigneur, “Business Model Generation: Inovação em Modelos de Negócios”, 2009.
- [10] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica”, 2017. [Online]. Disponível: http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo8_Revisao_8/9c78cfab-a7d7-4066-b6ba-cfbda3058d19. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [11] C. Mateo, A. Rodríguez, P. Frías, J. Reneses, A. Sánchez, S. Bañales, L. Del Rio, M. Zaldunbide, J. Gómez, “Analysis Of The Impact Of Battery Storage On Power Distribution Systems”, 23rd International Conference on Electricity Distribution, Lyon, França, Junho 2015. [Online]. Disponível: http://cired.net/publications/cired2015/papers/CIRED2015_0608_final.pdf. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [12] M. J. E. Alam, K. M. Muttaqi, and D. Sutanto, “Mitigation of Rooftop Solar PV Impacts and Evening Peak Support by Managing Available Capacity of Distributed Energy Storage Systems,” IEEE Trans. Power Syst., vol. 28, no. 4, pp. 3874–3884, 2013.
- [13] Rocky Mountain Institute, “The Economics of Battery Energy Storage. How Multi-Use, Customer-Sited Batteries Deliver The Most Services And Value To Customers And The Grid”, Outubro 2015. [Online]. Disponível: <http://www.rmi.org/Content/Files/RMI-TheEconomicsOfBatteryEnergyStorage-FullReport-FINAL.pdf>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [14] B. Nordman, K. Christensen, “Local Power Distribution with Nanogrids”. [Online]. Disponível: <http://nordman.lbl.gov/docs/igcc13a.pdf>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [15] International Electrotechnical Commission - IEC, “Electrical Energy Storage”, 2011, Genebra, Suíça. [Online]. Disponível: <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-energystorage-LR-en.pdf>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [16] S. Palaniappan, N. Hariharan, N.T. Kesh, S. Vidhyalakshimi, A. Deborah S, “Home Automation Systems – A Study”, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Vol 116, Nº11, Abril 2015. [Online]. Disponível: <http://research.ijcaonline.org/volume116/number11/pxc3902601.pdf>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [17] A. Thomson, “Five Minute Guide to microgrids (uG)”, Arup. [Online]. Disponível: http://publications.arup.com/publications/f/five_minute_guide_microgrids. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [18] R. Firestone, C. Marnay, “Energy Manager Design for Microgrids”, California Energy Commission, Janeiro 2005, Berkeley, EUA. [Online]. Disponível: <https://eetd.lbl.gov/publications/energy-manager-design-for-microgrids>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [19] H. R. Khademi, S. J. M. Baygi, “Optimal Sizing of Stand-Alone PV/Wind/Battery Hybrid Micro-grids for Charging Electric Vehicles with Capability of Connecting to the Grids”, Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 2014. [Online]. Disponível: <http://tjeas.com/wp-content/uploads/2014/08/189-193.pdf>. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [20] J. W. Whitefoot, “Optimal co-design of microgrids and electric vehicles: synergies, simplifications and the effects of uncertainty.”, 2012, University of Michigan, Michigan, EUA. [Online]. Disponível: https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/91403/john_ohn_1.pdf?sequence=1. [Acesso em Janeiro de 2017].
- [21] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, “Resolução Normativa Nº 493, de 05 de Junho de 2012”, 2012. [Online]. Disponível: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012493.pdf>. [Acesso em Abril de 2017].