

**MODELAGEM DE PROCESSO:
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS OU EÓLICOS DE PEQUENO PORTE, NO CONTEXTO DA RESOLUÇÃO
NORMATIVA ANEEL Nº 482/2012 – MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA.**

Newmark Heiner da Cunha Carvalho¹, Luís Gonzaga Trabasso²

1 Centro de Inovação e Tecnologia Industrial - CITI

SENAI – Departamento Regional da Paraíba

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB

Campina Grande / PB Fone: 83 99846697

2 Divisão de Engenharia Mecânica

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

São José dos Campos / SP Fone: 12 39475871

newmark@fiepb.org.br / Gonzaga@ita.br

Resumo

O setor de microgeração eólico no mundo já supera 270MW com milhares de pequenas turbinas com até 100kW de potencia instalada. Em 2010, este setor, no mundo, cresceu mais de 50% em faturamento e deve continuar em alta à medida que a expectativa do preço de energia seja de alta e a consciência ambiental aumenta.

No Brasil, a microgeração recebeu um grande incentivo com a RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 que estabelece as condições gerais para a conexão de sistemas de microgeração e minigeração distribuída às redes de transmissão de energia elétrica.

Com esta normativa estamos diante do inicio de uma nova realidade brasileira do ponto de vista de mini e microgeração distribuída de energia. Esta resolução vem atender os anseios e necessidades do cidadão brasileiro que sonhava em montar sua “pequena usina de energia” para suprir suas necessidades individuais, quer seja na sua própria residência, no seu condomínio, na sua empresa, etc.

Entretanto, assim como nos grandes investimentos eólicos, os chamados Parques Eólicos, os pequenos investidores dos “Sistemas Urbanos de Geração” deparam-se com as problemáticas semelhantes e incertezas do seu investimento, surgindo assim questões como:

- Compensa investir neste sistema de geração de energia?
- Com quanto tempo meu investimento trará retorno?

Estas questões são objetivas e decisivas para o posicionamento do investidor, entretanto, sua resposta é complexa e envolve riscos de diversas naturezas.

Com o objetivo de nortear o processo de tomada de decisão do investidor, neste artigo pretende-se aplicar ferramentas de modelagem de processo de forma a identificar parâmetros que possam contribuir com a avaliação econômica de Projetos de Geração de Energia utilizando Aerogeradores de pequeno porte, de acordo com a *Resolução Normativa 482/2012 – Micro e Mini Geração Distribuída*.

Palavras-chave: *Ex: Energias Renováveis, Energia Eólica, Normativa Aneel 482/2012 – Mini e Microgeração Distribuída.*

1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo a demanda por eletricidade tem aumentado a cada ano e devido a preocupações com os impactos ambientais, causados por combustíveis fósseis, as fontes de energia alternativas tem ganhado cada vez mais destaque. A energia eólica tem se destacado e vários estudos se concentram nesta área por se tratar de energia limpa, renovável e bastante competitiva [1].

Em países como Alemanha tem-se investido maciçamente em fontes alternativas com enfoque especial na geração distribuída de energia. Na Alemanha qualquer cidadão pode gerar energia elétrica e comercializar com as concessionárias sem muita burocracia. Duas fontes alternativas que tem ganhado destaque na Alemanha são a solar e eólica, com destaque para fontes eólicas que nos primeiros 4 meses de 2014 geraram 20,5 TWh de energia com uma carga instalada de 33.668 GW, Segundo dados do instituto Fraunhofer contidos no documento “Electricity production from solar and wind in Germany in 2014”[2].

Apesar dos esforços apresentados pela Alemanha desde o começo do milênio observa-se segundo dados do instituto Fraunhofer [2], que ainda predomina hoje a produção de energia proveniente da queima de carvão em termoeletricas e energia nuclear. Segundo indicado no documento “Recent Facts about Photovoltaics in Germany” [3] do instituto Fraunhofer, o investimento em energias renováveis na Alemanha será elevado, a ponto das metas governamentais apontarem que em 2020, 35% da energia bruta gerada na Alemanha virá de fontes renováveis, contra 23% em 2012. Em 2030 essa parcela deve chegar a 50%, em 2040 a 65% e em 2050 a 80%, um aumento esperado de cerca de 15% a cada 10 anos.

Segundo a Empresa de Pesquisas Energéticas - EPE o consumo de energia no Brasil deve crescer em média 4,1% ao ano até 2022. Em 2012 o consumo registrado foi de 447.506 GWh e espera-se para 2022 que esse valor chegue a 672.008 GWh [4]. Com a diminuição progressiva da possibilidade de construção de hidroelétricas de grande porte, o Brasil deverá mudar seu planejamento energético nos próximos anos e a porcentagem de participação de energia termoeletrica deve aumentar consideravelmente na matriz energética nacional, aumentando também os custos de operação do sistema, que devem ser repassados para o consumidor.

Diante desse cenário é necessário uma diversificação da matriz energética nacional que é predominantemente hidráulica, com 67,48 % de toda carga instalada, o que equivale a 86.918.788 kW. As fontes eólicas somam apenas 2,38% ou 3.067.780 kW de capacidade instalada. [5] [6].

Ao contrário do que acontece com o preço da energia os preços de turbinas eólicas estão em progressão de queda nos próximos anos o que deve tornar a geração distribuída mais viável.

No Brasil, a Resolução Normativa ANEEL nº 482 de 17 de Abril de 2012 [7] estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e também o sistema de compensação de energia. A resolução possibilita que qualquer usuário do sistema elétrico, seja pessoa física ou jurídica, possa gerar sua própria energia, desde que atendam aos requisitos básicos apresentados na resolução.

A geração distribuída quando alocada de maneira estratégica ocasiona inúmeros benefícios, tanto para concessionária quanto para os consumidores [8]. Algumas vantagens são: melhoria nos perfis de tensão, redução de perdas de energia, diminuição da necessidade de investimentos em linhas de transmissão e correção de geração em áreas deficientes [9] [10].

2 MICROGERAÇÃO E MINIGERAÇÃO NO BRASIL

O governo Brasileiro, por meio da Aneel, legalizou a microgeração e minigeração distribuída a exemplo dos Estados Unidos e alguns países da Europa. O anúncio oficial veio com a publicação da Resolução Normativa ANEEL nº 482 de 17 de Abril de 2012 [7].

Ficou definida como microgeração, as instalações com até 100 kW e como minigeração, instalações com mais de 100 kW até 1MW [7] [11]. A resolução incentivou o usuário domiciliar ou industrial a gerar sua própria energia a partir de fontes renováveis como solar, eólica, PCH, biomassa e cogeração qualificada, injetando a energia excedente na rede. Para que seja possível a conexão o usuário precisa se adequar ao que dispõe o Procedimento de distribuição de energia elétrica no sistema nacional – PRODIST Módulo 3 [12].

No Brasil não existe ainda a possibilidade de vender a energia elétrica produzida como em outros países do mundo. Existe apenas um sistema de compensação onde a energia excedente gera créditos que podem ser utilizados em até 36 meses. Após esse prazo os créditos são perdidos, conforme dispõe a Resolução Aneel nº 482/2012 [7]. Pode-se ainda utilizar os créditos de energia para compensar outros locais que estejam no mesmo CPF ou CNPJ do proprietário da geração. Esse tipo de compensação é conhecido como Net Metering. Na Alemanha, por exemplo, existem as chamadas tarifas feed-in que são reconhecidas cada vez mais como uma política eficiente para que se promovam as energias renováveis. Neste sistema o produtor vende a energia produzida a um preço fixado em contrato por um período determinado que geralmente é de 5, 10, 15 ou 20 anos [13].

Depois de mais de 2 anos desde a publicação da Resolução Aneel nº 482/2012, até o momento, existem apenas 13 projetos em funcionamento nas modalidades de minigeração e microgeração eólica distribuída, segundo dados do Banco de Informações de Geração (BIG) da Aneel [14], apesar do excelente potencial eólico nacional.

Um fator que tem contribuído para a baixa adesão da população a microgeração distribuída é o alto custo dos equipamentos necessários para geração eólica. Atualmente já existem algumas empresas fabricantes de aerogeradores no Brasil, mas os inversores, necessários para interligação a rede elétrica, ainda não são produzidos no país, o que aumenta os custos da implementação do sistema.

Outro ponto que tem gerado polêmica é a cobrança de ICMS por alguns estados da federação sobre o excedente de energia gerada injetada na rede elétrica. Sendo assim o consumidor só está livre desta cobrança quando toda energia gerada estiver sendo consumida instantaneamente. Por este motivo o Confaz publicou o convênio de ICMS número 10 de 21 de março de 2014 [15], que autoriza os estados a não cobrar o ICMS da energia gerada, porém até agora a adesão foi baixa por parte dos estados da federação.

A ausência de linhas de financiamento específicas para a aquisição dos equipamentos necessários a microgeração eólica bem como a falta de incentivos fiscais também explicam a baixa adesão até o momento.

3 DIAGRAMA DE FLUXO DE TRABALHO PARA MODELAGEM DE PROCESSO

O processo de negócio é um conjunto de atividades estruturadas e relacionadas, projetadas para produzir um específico *output* para um cliente ou mercado particular.

Pode-se dizer que o mapeamento de processos tem o papel essencial de questionar os processos existentes, indicando as oportunidades de melhoria organizacional uma vez que aponta falhas nas inter-relações e abre os caminhos para implantação de novas e modernas tecnologias de informação e de integração na empresa. Esta análise estruturada de processos permite, ainda, reduzir custos no desenvolvimento de produtos e serviços, falhas de integração entre sistemas e promover melhoria de desempenho organizacional, além de ser uma excelente ferramenta para o melhor entendimento dos processos atuais (As Is), eliminando ou simplificando as rotinas com pouco valor agregado para os processos, preparando a empresa para o estágio futuro (To BE), aonde se quer chegar.

Esses diagramas mostram como o trabalho é realizado, incluindo a sequência em que as tarefas são realizadas e por quem as tarefas devem ser realizadas, envolvendo pessoas, agentes externos ou sistemas.

O ponto forte do Diagrama de fluxo é que ele representa visualmente, de forma clara e objetiva todo o fluxo de trabalho transparente ao processo analisado, permitindo que os funcionários entendam melhor não apenas as suas responsabilidades, mas também as responsabilidades dos outros. A criação de um fluxograma bem sucedido e preciso aumenta o conhecimento do local de trabalho devido à pesquisa necessária e à compilação de dados. A comunicação também melhora quando o funcionário entende claramente sua importância na empresa.

4 FERRAMENTA DE MODELAGEM DE PROCESSO SIPOC

O SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*) é uma ferramenta que busca identificar todos os elementos relevantes de um processo. Essa ferramenta permite a visão de todas as inter-relações dentro do processo, evidenciando suas interfaces e o impacto destas interfaces na qualidade dos produtos de saída e contribuindo assim para desenvolver uma visão da organização voltada para o processo.

O elemento fornecedor(S) do diagrama SIPOC, representa os indivíduos, departamentos ou organizações que provém materiais, informações ou recursos que serão trabalhados nos

processos em análise. As entradas (I), por outro lado, representam as informações ou materiais fornecidos. O processo (P) envolve os passos ou atividades que transformam as entradas em produto ou serviço final. As saídas (S) se referem aos serviços ou produtos finais que são resultados do processo. Os clientes (C) são indivíduos, departamentos ou organizações que recebem as saídas do processo. Veja figura 1

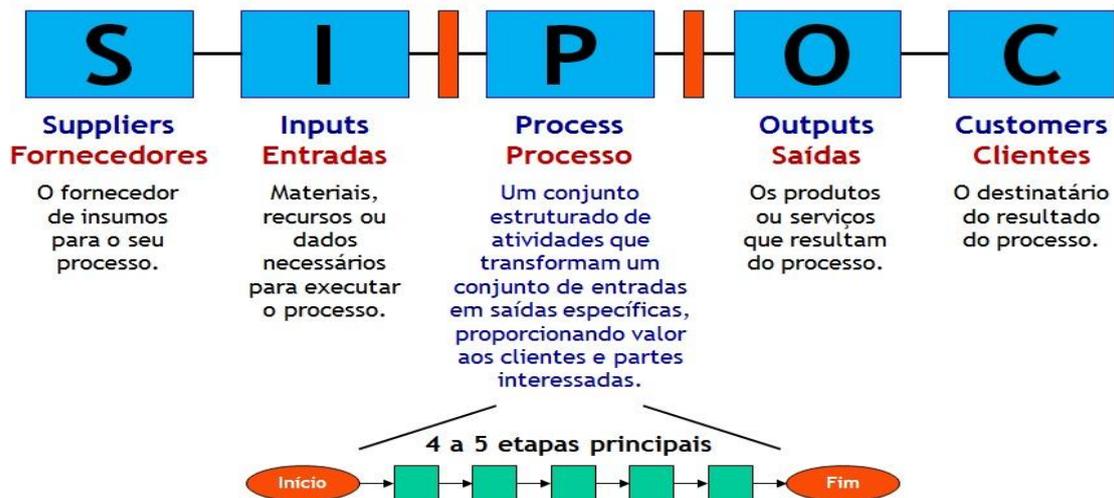


Figura 1 - Matriz SIPOC - Visualização mais detalhada de um fluxograma.

Fonte: <http://www.advanceconsultoria.com>

5 ANÁLISE ECONÔMICA

As mudanças climáticas e a necessidade de modificar o consumo, ou construir alternativas viáveis de produção de energia para manutenção dessa “forma” de vida humana no planeta trouxe a tona após várias pesquisas outros modelos de aproveitar os potenciais energéticos e construir instrumentos para essa finalidade, mas no contexto capitalista a viabilidade econômica e o planejamento estratégico na implementação desses empreendimentos que auxiliam no funcionamento da sociedade serão o diferencial entre o planejado e o executado com viabilidade.

A viabilidade econômica de uma modelagem de um processo de instalação de um sistema eólico ou solar é um dos pontos a ser compreendido e ordenado, se a proposta é a sustentabilidade ambiental é indiscutível que devem ser levados em conta valores econômicos e o eixo norteador é o planejamento de cada ação e sua possível viabilidade.

Para Clemente [16] o planejamento financeiro tem a finalidade de formular as projeções de custos, investimentos e despesas. Todavia a viabilidade econômica de um empreendimento traz questões a serem refletidas e reordenadas de acordo com as demandas de mercado que não se constroem de forma estática. É pertinente compreender de acordo com Clemente [16] que “Dessa forma, servirá como o parâmetro mais evidente de demonstração da atividade do negócio, tanto para os empreendedores quanto para os investidores e financiadores”

Ainda conforme Clemente [16] “De todas as etapas da estruturação do negócio esta é a mais operacional de todas – poucas escolhas serão feitas, os números simplesmente refletirão os

caminhos escolhidos anteriormente”. O planejamento é o eixo norteador desse processo, cujas informações e parâmetros podem ser claramente identificados através da modelagem que se propõe neste trabalho.

6 O PLANEJAMENTO FINANCEIRO E A VIABILIDADE ECONÔMICA

Quando se promove o estudo de viabilidade econômica de um investimento, o ponto de partida é a reunião de elementos objetivos que proporcionem a menor margem de erro possível. As ferramentas financeiras permitem a diminuição de riscos e incertezas gerados pela escolha dentre vários tipos de opções.

A partir da definição de um determinado modelo energético, no caso deste artigo, a escolha foi sistemas eólicos de acordo com a Resolução Normativa ANEEL Nº 482/2012, propõe-se aplicar as técnicas de modelagem de processo discutidas anteriormente (Fluxograma e SIPOC), para identificar alguns indicadores financeiros, que serão utilizados na composição do fluxo de caixa do processo e assim contribuir para a sua avaliação econômica.

6.1 Fluxos de Caixa e Valor Presente Líquido

Existem diversas formas de investimento que empresas e pessoas físicas podem fazer opção. De acordo com Ross [17], algumas opções de investimento têm valor e outras não. A essência da administração financeira bem-sucedida, naturalmente, é aprender a identificar quais não têm.

Seguindo os bons princípios e as melhores práticas da administração empresarial e da administração financeira, Abreu Filho [18] apresenta como aspectos a serem destacados, a realização de minucioso “levantamento do fluxo de caixa de uma empresa, a determinação do fluxo de caixa livre (*free cash flow*) e as modalidades de projeção desse fluxo, considerando os pontos mais importantes e as variações mais comuns”. Convém ressaltar que através do levantamento do fluxo de caixa e do fluxo de caixa livre, além da análise do capital de giro, será possível definir as demais métricas dos investimentos financeiros.

Dentre as tradicionais e mais aceitas metodologias financeiras em uso corrente, encontramos a ideia do valor presente líquido dos investimentos, cuja abreviatura é VPL. O valor presente líquido, como explica Ross [17], representa um indicador de “quanto valor é criado ou adicionado hoje por realizar um investimento”.

6.2 Payback

Todo investimento demanda retorno, pois os acionistas ou investidores almejam a remuneração de seu capital. A questão principal é em relação ao intervalo de tempo que proporcione a recuperação das inversões iniciais. Ross [17] se refere ao “tempo necessário para recuperar o investimento inicial, ou recuperarmos nossa isca”.

Ross [17] continua propondo a seguinte pergunta: “quantos anos precisaremos esperar até que os fluxos de caixa acumulados desse investimento se igualem ou superem seu custo?”.

Diante desta análise financeira e aplicando os conceitos citados é possível realizar a avaliação econômica de um projeto de geração de energia de pequeno porte utilizando a tecnologia eólica. Para tanto se faz necessária a identificação das variáveis econômicas deste processo.

Neste artigo pretende-se apresentar as vantagens de se modelar o processo para identificar, de forma clara e precisa as principais variáveis que contribuem para esta análise econômica, quais sejam:

- Custo total do sistema;
- Custo anual de manutenção do sistema;
- Custo do projeto elétrico do sistema, atendendo à normativa 482 da ANEEL;
- Custo da instalação do sistema;
- Cálculo da economia anual alcançada com a geração de energia.

4. MATERIAIS E MÉTODO

Além disso, mapear um processo é fundamental para verificar como funcionam, todos os componentes de um sistema, facilitar a análise de sua eficácia e a localização de deficiências. Assim sendo, o mapa de processos deve ser apresentado sob a forma de uma linguagem gráfica de fácil entendimento, que permita expor os detalhes do processo de modo gradual e controlado; encorajar concisão e precisão na descrição do processo; focar a atenção nas interfaces do mapa do processo e fornecer uma análise de processos consistente com o vocabulário do projeto.

Dentro deste contexto de eficácia com simplicidade no mapeamento de processos, utilizamos o Diagrama de Fluxo de Trabalho ou Fluxograma, associado com a ferramenta de modelagem SIPOC para identificar, em cada subprocesso, suas atividades, seus fornecedores, as entradas, as saídas e os clientes, de forma a auxiliar na avaliação econômica de Projetos de Geração de Energia utilizando Sistema Eólico de pequeno porte, de acordo com a Normativa 482 da ANEEL.

Para a elaboração da matriz SIPOC foram adotados os seguintes passos:

- Foi realizada uma reunião técnica com os stakeholders da área de energias renováveis e outras partes interessadas, envolvidas na tomada de decisão. Discutiu-se a matriz SIPOC e seus 14 subprocessos;
- Foi mapeado claramente todo o processo, com suas macro-etapas;
- Foram identificadas as saídas, com os resultados deste processo;
- Foram identificados os clientes que receberão os resultados deste processo;
- Foram identificadas as entradas, com os insumos ou informações necessárias para o processo funcionar corretamente;
- Foram identificados os fornecedores dos insumos que são necessários para o processo.

Como resultado desta análise, foi desenvolvido um fluxograma bastante detalhado (Figura 2), subdividindo o processo pesquisado em 14 subprocessos envolvendo todas as etapas do projeto de um sistema eólico de pequeno porte, desde a primeira visita do consultor ao cliente até a liberação da conexão à Rede.

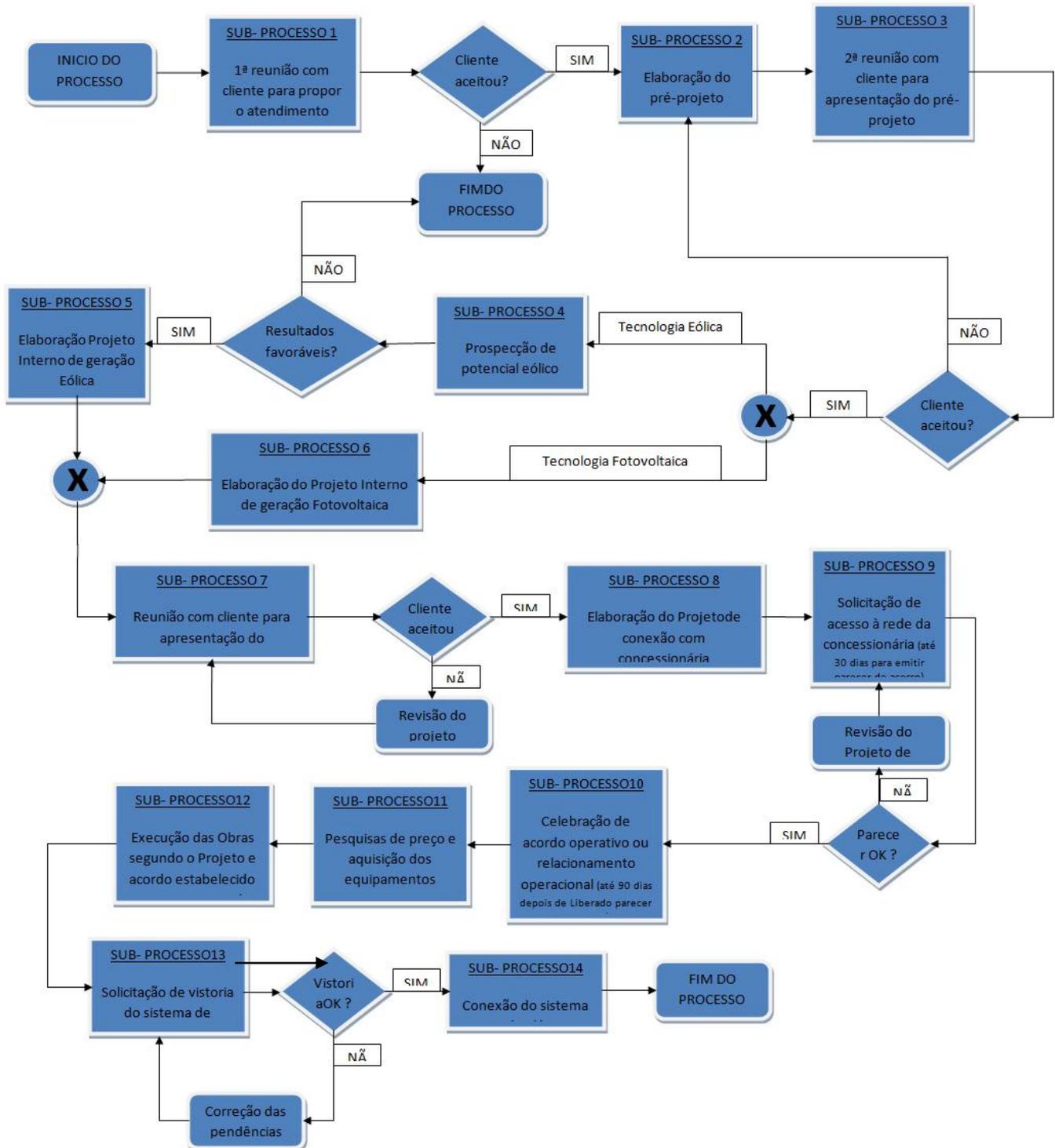


Figura 2 - Modelagem de Processo utilizando Fluxograma e matriz SIPOC para o projeto de um sistema de geração de energia eólica, de acordo com a Normativa Aneel 482/2012 de Mini e Microgeração Distribuída.

5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Neste trabalho, foi desenvolvida uma modelagem do processo “Projeto e Instalação de um gerador Eólico de pequeno porte conectado à rede elétrica”, de acordo com a normativa ANEEL 482, utilizando a técnica de Fluxograma, associada com a ferramenta de modelagem SIPOC.

O resultado da modelagem deste processo produziu um fluxo de trabalho com 14 subprocessos que apresenta os fornecedores, as entradas, as saídas e os clientes, de cada subprocesso, envolvendo todas as etapas, desde a primeira visita do consultor ao cliente até a liberação do sistema eólico para conexão na rede.

Desta forma, a modelagem do processo apresentada neste trabalho possibilitou a identificação de forma clara e objetiva de importantes variáveis e parâmetros econômicos que contribuem para nortear a tomada de decisão do investidor, respondendo-lhe os grandes questionamentos que surgem na hora de decidir se deve investir ou não nos sistemas eólicos de pequeno porte:

- Compensa investir neste sistema de geração de energia?
- Com quanto tempo meu investimento trará retorno?

6. REFERÊNCIAS

- [1] Tabares H. G., Filho A. J. S., Belati E. A.. Controle Direto de Torque Aplicado à Aero geradores de Junção com Rotor Bobinado. Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos – SBSE. Abril 2014.
- [2] Bruger B. (2014). Electricity production from solar and wind in Germany in 2014. *Fraunhofer Institute*, Retrieved May 25, 2014 from the World Wide Web: <http://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/data-nivc-/electricity-production-from-solar-and-wind-in-germany-2014.pdf>.
- [3] Wirth H. (2014). Recent Facts about Photovoltaics in Germany. *Fraunhofer Institute*, Retrieved May 25, 2014 from the World Wide Web: <http://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>.
- [4] Tolmasquim M. T., Guerreiro A., et al. Projeção de Demanda de Energia Elétrica. *Empresa de Pesquisas Energéticas - EPE*. Retrieved May 20, 2014 from the World Wide Web: http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20130117_1.pdf
- [5] Aneel. Matriz Energética Brasileira. *Agencia Nacional de Energia Elétrica – Aneel*. Retrieved May 20, 2014 from the World Wide Web: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/operacaocapacidadebrasil.asp>.
- [6] Santos A., Neto A. S., Andrade F. C., Santos V. S.. Análise de equivalente de Parques Eólicos no Domínio da Frequência. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos – SBSE*. Abril 2014.

- [7] Moreira N. J. H.. Resolução Normativa N°482, De 17 de Abril de 2012. *Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel*. Retrieved May 5, 2014 from the World Wide Web: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>.
- [8] Zhu Y., Tomosovic K.. Optimal distribution power flow for system with distributed energy resources, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol 29, Issue 3, pp. 260-267, March 2007.
- [9] Branco C. A. S. C. B., Júnior A. P. A., Alves H. N.. Alocação Ótima de Unidades de Geração Distribuída em Redes de Distribuição: Comparação Entre Metodologias. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos – SBSE*. Abril 2014.
- [10] Borges C. L. T., Falcão D. M.. Optimal distributed generation allocation for reliability, losses and voltage improvement. *ELSEVIER Electrical Power and Energy Systems*. vol. 28 pp. 413-420, February 2006.
- [11] Santana P. H. F., Camacho J. R., Moura F. A. M., Tolentino G. C. A. Análise da Operação de Aero- Geradores Conectados ao Sistema de Média Tensão. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos – SBSE*. Abril 2014.
- [12] Aneel. Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – Prodist Módulo 3. *Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel*. Retrieved May 5, 2014 from the World Wide Web: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo3_Revisao_5_Retifica%C3%A7%C3%A3o_1.pdf.
- [13] Siqueira L. M. P. (2013). Viabilidade da Microgeração de Energia Elétrica em Uma Residência Por um Sistema Composto Por Painéis Fotovoltáicos Conectados à Rede. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica.
- [14] Aneel. Banco de Informações de Geração – Usinas do Tipo Eólica em Operação. *Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel*. Retrieved May 20, 2014 from the World Wide Web: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/GeracaoTipoFase.asp?tipo=7&fase=3>.
- [15] Confaz. Convênio de ICMS 10, de 21 Março de 2014. Conselho Nacional de Política Fazendária – Confaz. *Aneel*. Retrieved May 20, 2014 from the World Wide Web: <https://www1.fazenda.gov.br/confaz/>
- [16] CLEMENTE, A. *Planejamento do negócio: como transformar ideias em realizações*. Rio de Janeiro: Lucerna, 2004
- [17] ROSS, S. A. *Princípios de administração financeira*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011
- [18] ABREU FILHO, J. C. F. de et al. *Finanças corporativas*. 9. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2007