

Design da informação: desenvolvimento de aplicativo web para área de energia eólica

Júlio C. P. Pires, julio.pires@ufsm.br – Universidade Federal de Santa Maria – campus Cachoeira do Sul, Cachoeira do Sul, Brasil

Branca F. de Oliveira branca@ufrgs.br – Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Design e Exp. Gráfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Resumo

Fontes renováveis de energia representam, atualmente, soluções viáveis economicamente e amigáveis ecologicamente. Energia eólica pode ser convertida através de turbina de pequeno porte, inclusive em edificações residenciais e pequenos comércios, configurando a chamada “geração distribuída”. Alguns benefícios de gerar a própria energia elétrica ainda não são conhecidos pela maioria das pessoas. No Brasil, o fato de receber créditos de energia ao gerar quantidade maior do que o consumo próprio, por exemplo, não é difundido adequadamente pelas concessionárias de energia, muito menos pelos órgãos reguladores. Este problema pode ser minimizado à medida que informações referentes a este tema sejam compartilhadas. Neste sentido, o presente trabalho apresenta um método para desenvolvimento de sistema de informação para área de energia eólica. O referido sistema está na forma de página de internet para acesso livre, disponível online e gratuitamente. O método aplicado no desenvolvimento do sistema é caracterizado por realizar conexões solucionadoras, ou seja, um conjunto de informações acerca do problema, captados a partir da organização de um mapa, e um modelo onde constam elementos de ação que realizarão as conexões. A partir da metodologia proposta, o sistema foi implementado e disponibilizado ao público em geral. O sistema conta com um aplicativo de simulação de geração de energia com turbina eólica de pequeno porte. O aplicativo de simulação está dividido em sete seções onde o usuário poderá saber, por exemplo, quais as dimensões de uma turbina eólica para suprir toda sua demanda por energia elétrica. Além disso, o aplicativo informa características de quatro tipos de turbinas comerciais, o valor de investimento no equipamento, o tempo de retorno deste investimento e o quanto de CO₂ – gás do efeito estufa, nocivo ao ambiente, o usuário deixa de emitir ao usar o sistema de geração simulado. O sistema de informação proposto está sendo avaliado com o uso de duas ferramentas: Google Analytics para se obter informações de acessos ao sistema e Google Formulário, que possibilitou a obtenção de respostas relacionadas ao uso geral do sistema. Em relação aos dados de acesso ao sistema, foram obtidas 650 simulações em 84 dias monitorados. Os acessos se deram em 18 países, sendo 114 cidades envolvidas. Considera-se o número de simulações expressivo em relação ao tempo de monitoramento do sistema.

Palavras-chave: Energia eólica, design da informação, aplicativo web, APP web-based.

Information design on web application development for wind energy area

Abstract

Renewable energy sources currently represent economically and environmentally friendly workable solutions. Wind energy can be converted through small turbine, including for use in residential buildings and small trades, creating the distributed generation. Some benefits of generating electricity itself are not known for most people. In Brazil, the receipt of energy credits for generating amount greater than the actual consumption is not disclosed properly by power utilities, let alone by regulators. This problem can be minimized as information related to this issue is shared. Thus, this paper presents a method for the development of an information system for wind energy area. This system is in the form of web page for free access, available online. The method applied in the development of the system is characterized by performing solvers connections, i.e. a set of information about the problem, obtained from the organization of a map, and a model which contains elements of action to carry out the connections. From the proposed methodology, the system was implemented and made available to the general public. The system has a simulation application for wind energy generation. The simulation application is divided into seven sections where the user can know, for example, what are the dimensions of a wind turbine to supply its entire demand for electricity. In addition, the application informs characteristics of four types of commercial turbines, the value of investment in equipment, return time investment and how much CO₂ avoid with use of the simulated turbine. The proposed information system is being evaluated using two tools: Google Analytics to obtain information access to the system and Google Form, which allowed obtaining answers related to the general use of the system. Regarding the access data to the system were obtained 650 simulations in 84 days monitored. Accesses took place in 18 countries, and 114 cities. It is considered that the number of simulations performed is significant in relation to the system monitoring time.

Keywords: Wind energy, information design, web application.

1. INTRODUÇÃO

Sistemas geradores de energia elétrica são utilizados como soluções para fornecimento em diversas escalas. Apesar de alguns utilizarem como fonte os recursos naturais como o sol e o vento, e apesar de algumas vantagens sustentáveis e econômicas que essas fontes naturais proporcionam, não é possível afirmar que um número expressivo de pessoas beneficia-se dessa prática.

A estimativa do governo federal do Brasil para os próximos anos, a partir de 2016, é do aumento de mais de 40GW de energia elétrica nos parques geradores (BRASIL, 2016). Porém apesar dos investimentos, o setor ainda encontra alguns problemas. O Relatório Anual do Mercado de Energia Eólica, organizado pelo *Global Wind Energy Council – GWEC* (2013) aponta os obstáculos chave para o desenvolvimento da energia eólica no Brasil.

Segundo este Conselho Global, existem quatro desafios que devem ser superados: (i) novas regras de financiamento do FINAME (linha de crédito do BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, para financiamento de máquinas e equipamentos); (ii) exigência do aumento das garantias físicas por parte do Ministério das Minas e Energias, uma vez que passou de 50% para 90% a exigência da probabilidade de geração de energia; (iii) as dificuldades de logística representadas pela necessidade do melhoramento da infraestrutura de estradas, pontes e viadutos para transporte de equipamentos que compõem as usinas eólicas e (iv) as linhas de transmissão e distribuição, que segundo este relatório, existem 48 usinas eólicas a espera de ligação na rede nacional de energia elétrica, além da falta de uma cláusula de proteção para os casos em que o sistema de transmissão não for viável.

Nesse contexto, surgem iniciativas de mini e microgeração. No Brasil existem 3.455 agentes produzindo energia segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL (BRASIL, 2016). Para os destinos de energia, identificados como APE (Autoprodução de Energia) e PIE (Produção Independente de Energia), são 254 e 1.618 agentes respectivamente.

Em abril de 2012 a ANEEL publicou a Resolução Normativa RN 482 que estabelece as condições gerais para acesso de mini e microgeração distribuída ao sistema de distribuição de energia elétrica. Além disso, a resolução trata do sistema de compensação de energia elétrica (BRASIL, 2014). Em 2015 a RN 687, que altera a RN 482, estabeleceu que para ser considerada central microgeradora esta deve ter potência instalada igual ou menor a 75 kW. Já as centrais minigeradoras devem ter potência superior a 75kW e igual ou inferior a 3 MW para fontes hídricas e igual ou inferior a 5 MW para demais fontes renováveis (BRASIL, 2016). Além disso, outra condição imposta pela ANEEL é que a geração seja feita através de fontes renováveis como solar, eólica, biomassa entre outras.

O incentivo no recebimento de créditos de energia para produtores que gerarem mais energia do que consumirem representa um atrativo no contexto da geração distribuída e geração compartilhada. Essa prática elimina a obrigação do uso de baterias acumuladoras para se utilizar energia em períodos em que não se pode gerar, no caso da falta de vento para turbinas eólicas, por exemplo (CGEE, 2012).

Apesar de existir no Brasil legislação específica que regulamenta microgeração de energia (BRASIL, 2014) e (BRASIL, 2016), essa prática não está disseminada e tampouco é de conhecimento da maioria das pessoas.

A desinformação sobre geração própria de energia pode ser a principal causa da não utilização de equipamentos de conversão de eletricidade em nível residencial.

Este artigo trata do desenvolvimento de um sistema de informação no formato de página de internet (*web-based*) que mostra os benefícios da utilização de geração distribuída de energia elétrica. O sistema conta com um aplicativo de simulação para informar, responder e auxiliar ao usuário na montagem um projeto de microgeração de energia com Turbina Eólica de Pequeno Porte (TEPP).

O sistema é essencialmente informativo e sua primeira versão tem caráter avaliativo, necessitando assim de *feedback* de usuários.

O aplicativo inserido no sistema também tem caráter experimental e, dependendo de suas avaliações e desenvolvimento, poderá tornar-se um produto final com valor comercial.

2. DESIGN DA INFORMAÇÃO

O método aplicado no desenvolvimento do sistema leva em conta uma série de itens relacionados ao contexto do design e da ciência da informação. Design da informação, segundo Horn (1999), é a arte e a ciência de preparação da informação, possibilitando seu uso pelo homem. Já Friedman (2003) considera que design tem tornado-se uma disciplina generalizada que pode ser aplicada a processos, meios de comunicação e informação.

Design da informação ou projeto de produto para informação foi utilizado nesta pesquisa para elaboração do Sistema SIEolica (nome derivado das palavras Sistema de Informação para Geração de Energia Eólica).

A partir da reunião de alguns requisitos básicos como necessidades, demandas, produção e consumo, foram elaborados conjuntos de respostas para o aplicativo em questão, assim como uma série de informações que comporão o sistema.

Um conjunto de respostas para problemas de design pode ser entendido como uma teoria. Para Friedman (2003) teoria, em sua forma mais básica, é um modelo que descreve como as coisas funcionam e se relacionam entre si.

Friedman cita o *Dictionary of ideas* afirmando que teoria é um conjunto de ideias, princípios, conceitos ou métodos usados para explicar um conjunto de fatos.

Aplicativos *web-based* são usados para consolidar serviços de informação a partir de sistemas disponíveis na internet. Para Pressman (2006), o desenvolvimento desse tipo de aplicativo deve englobar princípios de engenharia e gestão de ambiente de interação controlado pelo usuário, pois os aplicativos passaram de estáticos para dinâmicos. Por esse motivo Pressman propõe o modelo de processo lweb, onde há um desdobramento na fase da engenharia (conforme Figura 1), inserindo conceitos de design dentro do módulo engenharia.

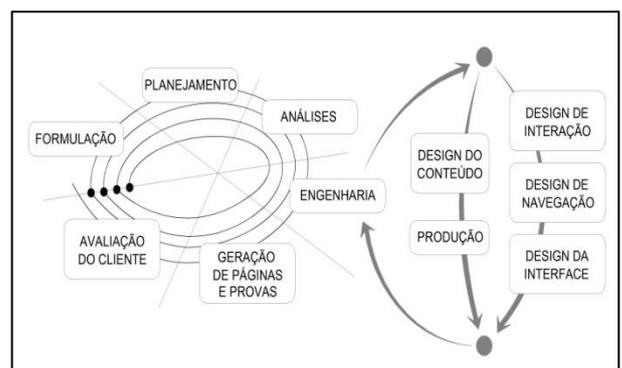


Figura 1: Modelo lweb.

Fonte: Adaptado de Pressman, 2006

O modelo de processo Iweb separa a produção de conteúdos da aplicação (desenvolvimento para *web*) do processo de desenvolvimento do produto sistema de informação como um todo. Porém no desenvolvimento do aplicativo desta pesquisa foram levadas em conta todas as fases de produção técnica, não incluindo partes de marketing, área comercial e outras normalmente consideradas por empresas de tecnologia da informação.

Além do uso de modelos consolidados para desenvolvimento de aplicações *web*, design da informação pressupõe também cuidados e atenção quanto aos conceitos de usabilidade.

2.1 Usabilidade

Sistemas computacionais concebidos levando em conta atributos relativos à qualidade de software tendem a obedecer especificações de algumas normas. A norma NBR ISO/IEC 9126 (2003) define seis características de qualidade: funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade.

Dentre estas características a usabilidade tem maior grau de importância por tratar de atributos de software relacionados ao esforço necessário para seu uso.

Já a norma NBR ISO 9241-11 (2011) avalia padrões de usabilidade e considera o ponto de vista do usuário mais importante do que as características ergonômicas do sistema.

Memória (2005) cita a desordem como principal problema do empirismo implantado na atividade de desenvolvedores. Nielsen (2000) afirma que a preocupação com o lançamento rápido do produto ocasiona tal problema. Segundo este mesmo autor, a boa usabilidade de um sistema está associada à facilidade de uso, eficiência, satisfação do usuário, baixa taxa de erro e boa ergonomia.

Neste contexto os testes de usabilidade conferem a diferença entre sistemas com soluções usadas sem bases científicas e outros que foram submetidos a testes controlados.

Para Lindgaard (1994), conhecimentos da área de Interação Humano-Computador (IHC) podem prever antecipadamente se um sistema a ser desenvolvido satisfaz as necessidades de usabilidade, aplicabilidade e comunicabilidade. Segundo Padovani (2002), IHC pode ser entendido como a interação entre homem e computador que trata de processos, diálogos e ações que um usuário emprega para interagir com um computador em um dado ambiente. Esta interação deve conter boa comunicação (não necessariamente natural, mas desejavelmente mais próxima da natural) entre usuário e sistema.

Usabilidade na *web* contempla aspectos de usabilidade de sistemas dedicados acrescentando um teor de necessidade de gratificação imediata. A quantidade de alternativas que o usuário tem para atingir seu objetivo na internet lhe dá esse direito.

Segundo Krug (2001), usuários de internet não leem páginas, eles simplesmente as “varrem” atrás da informação desejada. Além disso, o autor cita que as opções que poderão satisfazer o usuário não serão analisadas com calma, mas sim escolhidas de forma com que o usuário gaste o menor tempo possível.

Conceitos de usabilidade referidos nas normas NBR ISO/IEC 9126 (2003) e NBR ISO 9241-11 (2011), assim como os citados em obras de autores descritos aqui foram levados em consideração no projeto do sistema apresentado nesta pesquisa. Apesar de não terem sido feitos testes de usabilidade, a antecipação ao erro pelo conhecimento dos

problemas mais recorrentes evita que falhas comuns relativas à usabilidade ocorram.

A usabilidade é importante para aplicativos disponíveis na *web*, porém não deve ser analisada como único parâmetro para sistemas considerados adequados aos objetivos estabelecidos. O conteúdo e a experiência fluida, segundo Felipe Memória (2005) e Jakob Nielsen (2000) enquadram-se no mesmo grau de importância. Por isso o sistema desenvolvido nesta pesquisa aborda um método de modelagem de dados derivado do método RMM (*Relationship Management Methodology*) apresentado a seguir.

2.2 Modelagem de dados

Desenvolvimento de aplicativo *web-based* é uma tarefa dependente de métodos e ferramentas apropriadas. Segundo Szabluk (2011), aplicações *web* são tipicamente elaboradas em ambiente multidisciplinar, envolvendo equipes de áreas distintas.

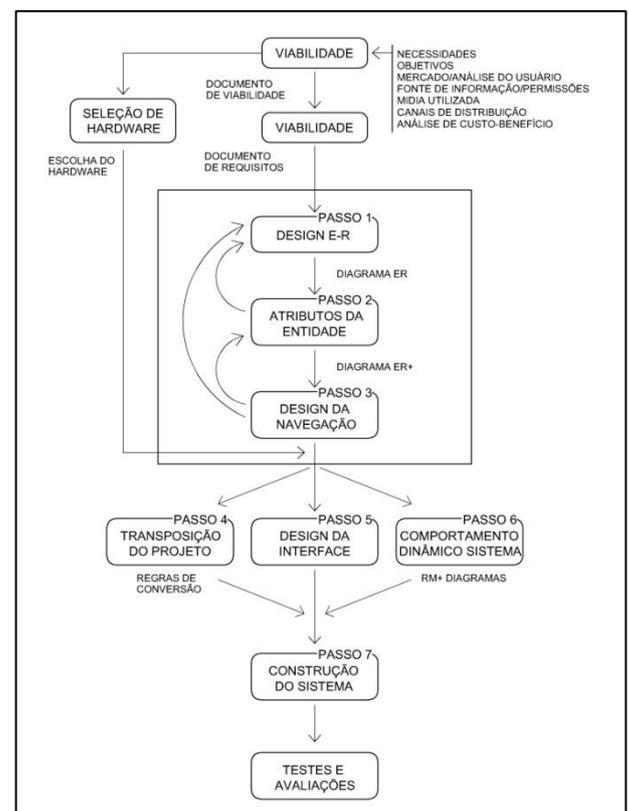


Figura 2: Diagrama do método RMM.

Fonte: Adaptado de Szabluk (2011) e Isakowitz *et al* (1995)

O nível de complexidade define a metodologia a ser adotada para produção de aplicativos *web*. A metodologia RMM, por exemplo, tem foco nas fases de projeto, desenvolvimento e construção (SZABLUK, 2011). Segundo Isakowitz *et al* (1995), esta metodologia aborda sete passos conforme a seguir:

Passo 1. Levantamento das entidades e como elas se relacionam entre si. Domínio mais amplo do sistema;

Passo 2. Como as informações sobre as entidades serão apresentadas ao usuário. Este passo prevê a separação das informações e organização em hipertexto;

- Passo 3. Especificação dos caminhos da navegação pelo sistema;
- Passo 4. Transposição ou correspondência entre o modelo do projeto e o modelo do sistema;
- Passo 5. Projeto da interface com usuário;
- Passo 6. Projeto do comportamento dinâmico do sistema;
- Passo 7. Construção e teste do aplicativo.

Os passos da Metodologia RMM podem ser vistos na Figura 2.

Analisando o método descrito por Isakowitz *et al* (1995), pode-se ver que o conjunto de passos flui desde análise de viabilidade até a construção efetiva e realização de testes e avaliações do sistema.

Nesta pesquisa foi elaborada uma organização de informações baseada em alguns dos passos citados por Isakowitz *et al* (1995) no método RMM.

Esta organização traduz-se na construção de um mapa-modelo dos requisitos básicos. A Figura 3 apresenta um conjunto de informações que formam o método, derivado do diagrama RMM, adotado para o sistema proposto.

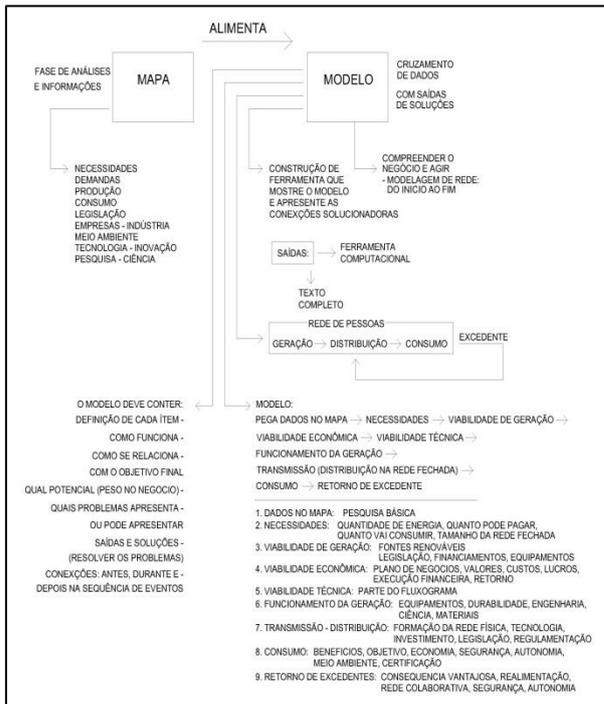


Figura 3: Mapa-modelo proposto.

O mapa é a parte analítica e demonstra alguns requisitos para desenvolvimento do sistema. Esses requisitos dizem respeito desde as necessidades de existência do sistema até o projeto de artefatos, reais ou virtuais, relacionados às soluções que serão propostas. Já o modelo constitui-se da proposição de construção de conexões solucionadoras.

A partir do mapa-modelo exposto, foi possível desenvolver uma organização de informações e posteriormente o método adotado para se atingir o objetivo.

O método proposto baseia-se na captação de dados no modelo para responder ao usuário. As saídas são informações fixas e informações variáveis. Informações fixas estão na forma de textos e imagens autoexplicativas de acordo com as escolhas do usuário durante sua experiência no sistema. Informações variáveis surgem no decorrer da montagem de uma simulação de projeto pelo próprio usuário. A simulação

poderá ser feita *online* diretamente a partir do preenchimento de campos disponíveis na interface de projeto do aplicativo. As saídas serão novamente informações de cunho prático que guiarão o usuário no desenvolvimento de seu sistema de geração de energia através de TEPP.

3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

A elaboração do Sistema SIEólica (nome derivado das palavras Sistema de Informação para Geração de Energia Eólica) iniciou com análise do mapa-modelo. Posteriormente foi criado um organograma com o percurso de respostas a partir de itens elencados.

O organograma proposto (Figura 4) apresenta subsídios para construção de um aplicativo amplo com possibilidades para realização de análises diversas. Nesta pesquisa delimitou-se em produzir um aplicativo para uso geral, logo suas funcionalidades serão inicialmente restritas a um conjunto de informações de viabilidade e a simulação da montagem do projeto de um pequeno sistema de geração de energia.

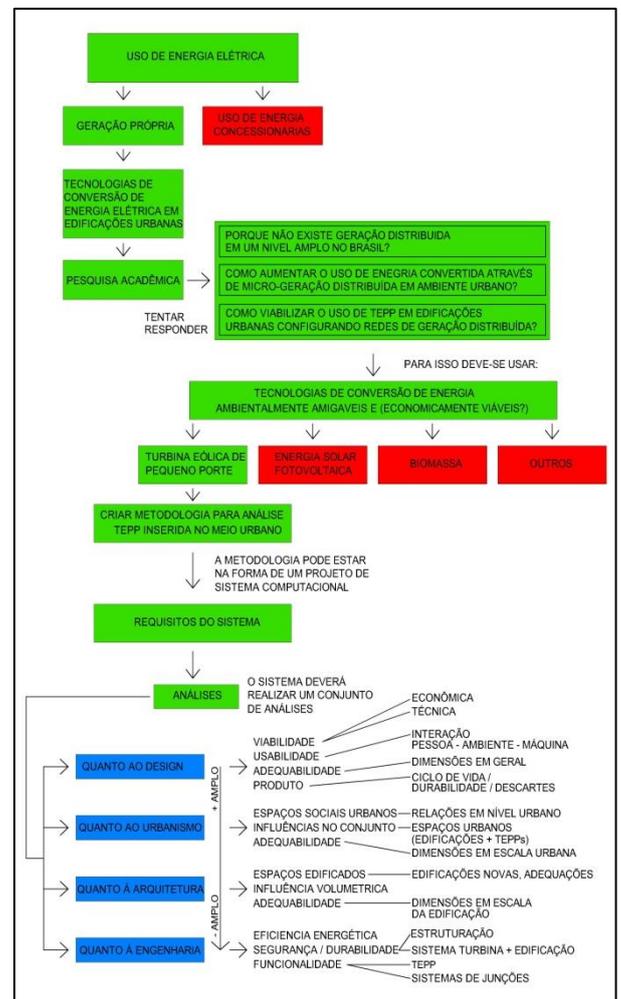


Figura 4: Organograma funcional.

No campo dos requisitos do sistema devem ser especificados os motivos da existência do sistema para se atingir os objetivos mais amplos de seu desenvolvimento (sistema inteiro).

Na construção do sistema de informação inicial não se têm a preocupação de atender todas as especificações citadas na Figura 4, sendo uma primeira etapa de testes e

avaliações. Posteriormente pretende-se prosseguir na pesquisa para execução do sistema completo.

3.1 Mapa de navegação do sistema

O sistema foi projetado para estar baseado na internet (*web-based*), logo foi necessário prever os caminhos a serem tomados pelo usuário para chegar a cada local.

A partir daí foi elaborado o mapa de navegação do sistema. Este mapa (Figura 5) mostra todos os locais (páginas) onde o usuário se depara com informações. A página onde se localiza o aplicativo de simulação não foi desdobrada neste mapa para fins de simplificar sua leitura.

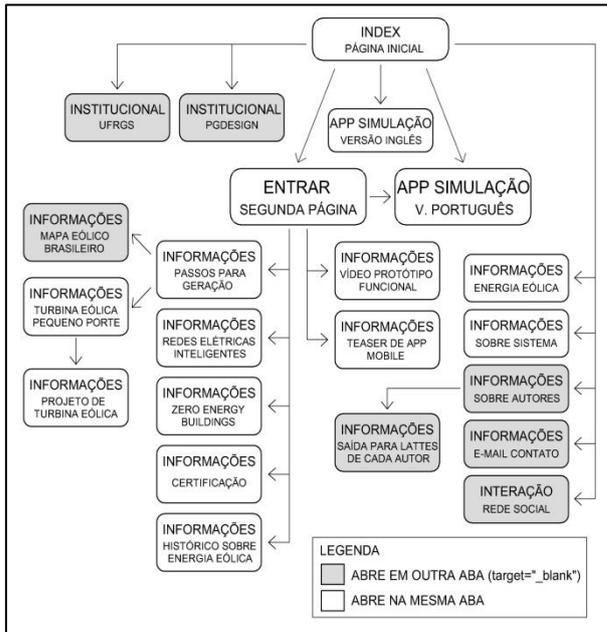


Figura 5: Mapa de navegação do sistema.

A navegação no sistema foi projetada para privilegiar a chegada do usuário no aplicativo de simulação. Por isso foi posto um acesso à página de simulação na página inicial. Este acesso também se encontra na segunda página, aonde se chega ao clicar em 'entrar'.

Além disso, a transição para algumas páginas é feita com a abertura de uma nova aba no navegador do usuário. O objetivo, nestes casos, é fazer com que o usuário não precise clicar em voltar diversas vezes para acessar novamente as páginas consideradas chave no sistema, que é a página inicial, a página do aplicativo de simulação e a segunda página.



Figura 6: Pagina inicial do sistema- index.

O sistema foi implementado utilizando-se linguagem HTML, JavaScript e CSS. A página inicial (index), Figura 6, mostra como foram dispostos os elementos descritos no mapa de navegação.

3.2 Aplicativo de simulação

Em relação ao aplicativo de simulação, antes de iniciar o trabalho na programação propriamente dita, foi necessário projetar suas funcionalidades e respostas pretendidas. Por isso foi elaborado um fluxograma com passos necessários para o atendimento de requisitos estabelecidos no mapa-modelo e no organograma funcionais descritos anteriormente.

A Figura 7 apresenta o fluxograma com as etapas elaboradas para o funcionamento do aplicativo de simulação.

Este fluxograma tem caráter informativo, logo o aplicativo derivado dele terá esta característica. O funcionamento será a partir da leitura de dados, processamento e informação de outros dados.

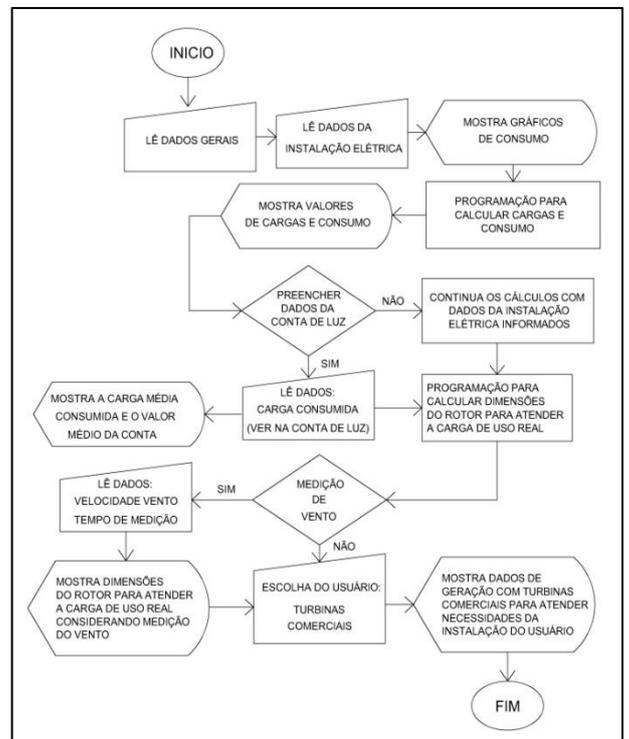


Figura 7: Fluxograma do aplicativo de simulação

O aplicativo de simulação é a principal parte do sistema e está dividido em 7 seções. As seções 1 e 2 contêm campos que devem ser preenchidos com dados da instalação do usuário. Na seção 3 são apresentados resultados a partir dos dados preenchidos previamente. A seção 4 também é de preenchimento e retorno de informações sobre a conta de luz do usuário. Na seção 5 o usuário obtém informações sobre um gerador eólico genérico para suprir sua demanda. A seção 6 apresenta possibilidade de preenchimento de dados de medição de vento. A seção 7 finaliza a simulação apresentando algumas alternativas de TEPP, seu valor financeiro, características, rendimento e tempo de retorno para investimento.

Na área do aplicativo de simulação encontra-se um acesso ao Guia do Usuário, com instruções de como utilizar o aplicativo, e um botão onde o usuário é convidado a dar sua opinião sobre o aplicativo. Essa opinião consiste em responder 5 questões objetivas sobre o SIEólica.

O usuário inicia uma simulação com o preenchimento de dados gerais na seção 1 (Figura 8). Ainda na seção 1 foi

desenvolvido um conversor de velocidade de vento, de quilômetros por hora (km/h) para metros por segundo (m/s), já que as equações do aplicativo estão escritas para receber valores de velocidade de vento em m/s.



Figura 8: Seção 1 do aplicativo de simulação

De posse dos dados fornecidos pelo usuário, o aplicativo poderá calcular a carga instalada, a carga de demanda (esta carga serve para cálculos de tubulação e fiação elétrica da edificação onde os aparelhos serão utilizados), informar a carga de uso real e o valor mensal que se paga de eletricidade pelo uso informado. O sistema não considera impostos e outros valores que podem estar presentes na conta de luz, sendo o cálculo feito pelo valor do kWh informado pelo usuário.

O usuário poderá clicar também no botão gráfico para gerar gráficos tipo barra e obter informações sobre seu consumo. As informações gráficas auxiliam a leitura visual da seção 2, por isso os gráficos aparecem com cores distintas, porém com uma lógica conhecida.

Os gráficos aparecerão em vermelho quando o consumo daquele aparelho (carga do aparelho multiplicada pelo tempo de uso) ultrapassar 15% do consumo total. Já se aparecer em amarelo, significa que o consumo está entre 11% e 15%. Se o gráfico for verde, o consumo está igual ou menor do que 10% do total consumido. O botão gráfico deve ser acionado sempre após o botão calcular. O usuário poderá modificar os dados de qualquer campo e clicar em calcular para refazer os cálculos. Para refazer os gráficos atualizados de acordo com os valores recalculados, basta clicar em gráfico de novo.

A percepção de consumo, na experiência do usuário, ainda pode ser complementada com valores de porcentagens de consumo que são apresentados no clique do mesmo botão gráfico.

A Figura 9 mostra uma simulação realizada, onde aparecem os gráficos de consumo, a porcentagem de cada aparelho, já considerando o tempo de uso informado na seção 2 e os resultados numéricos na seção 3.



Figura 9: Resultados de simulação

O usuário poderá também optar por preencher a carga consumida nos últimos três meses, na seção 4, de acordo com sua conta de consumo de energia elétrica, fornecida pela concessionária.

Após esse preenchimento, o aplicativo fornece, na seção 5, as dimensões da turbina que terá de ser instalada para suprir 100% do consumo de eletricidade (Figura 10).



Figura 10: Dados da conta de luz e simulação da turbina eólica

As dimensões informadas são a área varrida pelas pás (área do círculo imaginário formado pelo movimento de rotação das pás do rotor), o diâmetro do rotor (diâmetro do mesmo círculo imaginário, ou seja, aproximadamente duas vezes o comprimento da pá) e a velocidade média do vento que foi considerada para os cálculos. Essa velocidade é a mesma que o usuário preencheu na seção 1 do aplicativo.

A velocidade do vento é um dado importante para previsão de conversão de energia com aerogeradores. A equação 1 que prevê a potência disponível no vento para uma turbina eólica de eixo horizontal considera velocidade do vento ao cubo, ou seja, para prever a eficiência da turbina, deve-se considerar velocidade do vento mais próxima da realidade do local da instalação da turbina eólica. Na equação 1, ρ é a densidade do ar e A a área da seção transversal onde percorre um fluxo de ar com velocidade v . A fração constante 16/27 é o limite de Betz (PIRES, 2010).

$$P_{dis} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \left(\frac{16}{27} \right) \quad (1)$$

Por esse motivo foi desenvolvido no aplicativo uma seção onde o usuário pode realizar medição de velocidade do vento no local onde pretende instalar sua turbina (Figura 11). Se fizer isso, o mesmo poderá preencher os campos da seção 6 com seus dados e simular novamente.



Figura 11: Formulário de dados medição do vento

Os campos de preenchimento de velocidade do vento foram concebidos de forma que o usuário possa informar sua medição feita em horas por dia e dias por mês. O sistema irá considerar a velocidade medida no período de medição. No restante do tempo o sistema considerará a velocidade média informada na seção 1. Se o usuário desejar considerar apenas a velocidade medida, poderá informar a velocidade média da seção 1 como 0 (zero).

A potência de aerogeradores pode ser calculada conforme a equação 1 apresentada anteriormente. Porém ao tornar a potência uma variável dependente, assim como outros dados fornecidos pelo usuário, foi necessário desdobrar a equação da potência com objetivo de apresentar a área e o diâmetro da turbina como resultados da simulação considerando medição de vento feita pelo usuário. As equações a seguir mostram esses desdobramentos.

$$A_g = \frac{Cr \frac{1000}{720}}{V_u^3 \frac{1}{2} \rho \frac{16}{27}} \quad (2)$$

Na equação 2 A_g é a área varrida pelas pás da turbina, Cr é a Carga Real vinda da seção 2 do aplicativo (onde o usuário informa seus aparelhos consumidores e obtém informações de eletricidade consumida de acordo com o tempo de uso). Essa carga é multiplicada por 1000 para passar de kW para W e dividida por 720 porque o valor da carga vindo da seção 2 está em kWh/mês; assim retira-se o tempo de um mês (720 horas). O que sobra nesta parte é a carga em W. Ainda V_u será a velocidade preenchida na Seção 1 do aplicativo ou a velocidade medida na seção 6 ou a média ponderada considerando os dois tipos de velocidade de vento disponíveis e o tempo de medição da seção 6.

No caso do preenchimento de velocidade e tempo medidos pelo usuário e esse tempo de medição não ultrapassar todo o tempo de um mês, em horas, o sistema irá considerar, no restante do tempo (não medido), a velocidade preenchida na seção 1, ficando a velocidade do vento V_u na equação 2 da seguinte forma:

$$V_u = \frac{V_1 + V_2}{720} \quad (3)$$

Neste caso, ao considerar

$$V_1 = Th V_{medida} \quad (4)$$

e

$$V_2 = V_{media} (720 - Th) \quad (5)$$

o sistema calculará a média ponderada da V_u .

Na equação 4, Th representa o tempo em horas de medição de velocidade do vento pelo usuário, ou seja, número de horas medidas multiplicado pelo número de dias medidos (transformado em horas). V_{medida} é a velocidade medida, em m/s e V_{media} é a velocidade do vento preenchida na Seção 1.

A velocidade V_u , resultado da equação 3, será usada para calcular as dimensões da turbina eólica para suprir toda a demanda do usuário.

A Figura 12 mostra a parte do *script* onde consta essa lógica de processamento considerando as equações 2, 3, 4 e 5. Seguindo essa lógica, foi definida uma variável chamada 'valorum', declarada na linha 14 e uma variável chamada 'valordois', declarada na linha 15.

No script apresentado, a variável 'valorum' pega o tempo de medição (em horas e por mês) e multiplica pela velocidade medida. Esses dados o usuário preenche na seção 6. A variável 'valordois' considera a velocidade média informada na seção 1 pelo usuário e multiplica pelo tempo restante, ou seja, o tempo em que o usuário não mediu o vento.

```

1. //CALCULO CONSIDERANDO MEDIÇÃO DE VENTO:
2. function calcular2 () {
3.
4. document.getElementById("formulario");
5. var velocidademedida = formulario.velocidademedida.value;
6. var horasmedidas = formulario.horasmedidas.value;
7. var diasmedidos = formulario.diasmedidos.value;
8. var velocidade = formulario.velocidade.value;
9.
10. var cargareal = formulario.cargareal.value;
11. var ValorCargaMedia = formulario.ValorCargaMedia.value;
12.
13. tempomemhoras = horasmedidas*diasmedidos;
14. var valorum = tempomemhoras*velocidademedida;
15. var valordois = velocidade*(720-tempomemhoras);
16.
17. velocidadeusuario = (valorum+valordois)/720;
18.
19. area_a = (cargareal*1000/720)/((Math.pow(velocidade, 3))*0.5*1.23*0.59);
20. area_b = (ValorCargaMedia*1000/720)/((Math.pow(velocidade,
3))*0.5*1.23*0.59);
21.
22. area_geradormedido_a = (cargareal*1000/720)/((Math.pow(velocidadeusuario,
3))*0.5*1.23*0.59);
23. area_geradormedido_b =
(ValorCargaMedia*1000/720)/((Math.pow(velocidadeusuario,
3))*0.5*1.23*0.59);
24.
25. if (ValorCargaMedia==0.0) {
26. area_geradormedido = area_geradormedido_a;
27. } else {
28. area_geradormedido = area_geradormedido_b;
29. }
30.
31. var tamanho_geradormedido = area_geradormedido.toFixed(2);
32. formulario.tamanho_geradormedido.value = tamanho_geradormedido + '\ m²';
33.
34. diam_geradormedido = 2*(Math.sqrt((tamanho_geradormedido)/3.1416));
35. var diametro_geradormedido = diam_geradormedido.toFixed(2);
36. formulario.diametro_geradormedido.value = diametro_geradormedido + '\ m';
37. }

```

Figura 12:Script considerando medição de vento

A velocidade que será usada no cálculo das características da turbina será a 'velocidadeusuario', definida como uma constante na linha 17 do *script* apresentado na Figura 12. Essa constante soma as variáveis 'valorum' e 'valordois' e divide pelo número de horas em um mês, conforme a equação 3. Desta maneira retira o item "tempo de medição da velocidade" da equação e o que sobra é apenas "velocidade", que será usada no cálculo da potência da turbina eólica.

Se o usuário deseja considerar apenas sua medição de vento, poderá informar o valor 0 (zero) no campo de velocidade na seção 1. Se isso for feito, a constante 'velocidadeusuario' somará esse zero (variável 'valordois') com a velocidade medida (variável 'valorum'). O que sobra da equação da linha 17, neste caso, é a velocidade de vento medida pelo usuário e informada na seção 6.

Além disso, a Figura 12 também mostra, na linha 25, a condição criada para considerar no cálculo das dimensões da turbina a carga de eletricidade requerida (potência do gerador eólico). Neste caso o usuário pode optar pela carga gerada a partir de seu preenchimento de equipamentos de consumo na seção 2, ou informar valores constantes em sua conta de luz. Se os campos da seção 4 (Figura 10) não forem preenchidos, o sistema considerará sempre a carga definida na seção 2 e mostrada na seção 3 (ver Figura 9).

As simulações feitas retornam com dimensões para uma turbina nominal que supriria toda demanda do usuário. Porém existem turbinas com dimensões e características próprias no mercado, e esse tipo de equipamento foi considerado na seção 7 do aplicativo. Nesta parte

(apresentada na Figura 13) o usuário poderá optar por uma turbina existente com dimensões estabelecidas e saber o quanto essa turbina lhe fornecerá de energia, ou seja, qual porcentagem irá suprir, qual o investimento necessário e informações sobre o retorno financeiro do investimento.

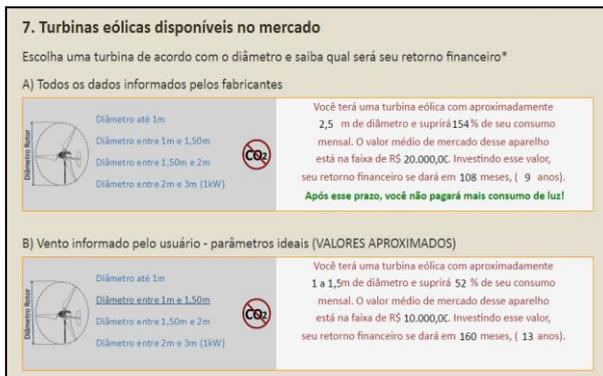


Figura 13: Resultados de turbinas eólicas

O principal indicador que diferencia uma turbina de outra, adotado nesta pesquisa, é o diâmetro do rotor. O diâmetro do rotor (duas vezes o comprimento da pá) é determinante para a quantidade de energia que o gerador será capaz de converter. Por isso, foram definidas quatro opções de tamanho de turbina para que sejam simuladas. As simulações desta seção informam situações de turbinas reais. As simulações anteriores, nas seções 5 e 6 foram definidas para informar as dimensões de turbinas para suprir 100% da carga informada pelo usuário, tanto pela média da conta de luz (seção 4) quanto nos dados da instalação elétrica (seção 2).

As simulações desta seção 7 foram divididas em Parte A e Parte B. Na parte A, as opções de simulação consideram dados de fabricantes e são:

- **Diâmetro até 1m:** Esta opção irá simular cruzando os dados informados pelo usuário com os dados de uma turbina genérica com diâmetro do rotor até um metro. Estas turbinas geralmente não são indicadas para conexão na rede elétrica de concessionárias de energia. As características dessa turbina definem a conversão de 50kWh/mês para vento nominal (12m/s), ou seja, em seu funcionamento considerado ideal ela apresentará este rendimento. Nesta simulação foi considerado um fator de decréscimo de 0.8 kWh para cada metro por segundo diferente de 12, para cima e para baixo, a partir de 3m/s chegando ao limite de 20m/s.
- **Diâmetro entre 1m e 1,50m:** Esta opção irá simular cruzando os dados informados pelo usuário com os dados de uma turbina genérica com diâmetro do rotor entre um metro e um metro e meio. Algumas destas turbinas podem ser indicadas para conexão na rede elétrica de concessionárias de energia, dependendo das especificações do fabricante. As características dessa turbina definem a conversão de 63kWh/mês para vento nominal (12m/s), ou seja, em seu funcionamento considerado ideal ela apresentará este rendimento. Nesta simulação foi considerado um fator de decréscimo de 0.8 kWh para cada metro por segundo diferente de 12, para cima e para baixo, a partir de 3m/s chegando ao limite de 20m/s.
- **Diâmetro entre 1,5m e 2m:** Esta opção irá simular cruzando os dados informados pelo usuário com os dados de uma turbina genérica com diâmetro do rotor entre um metro e meio e dois metros. Algumas destas turbinas podem ser

indicadas para conexão na rede elétrica de concessionárias de energia, dependendo das especificações do fabricante. As características dessa turbina definem a conversão de 85kWh/mês para vento nominal (12m/s), ou seja, em seu funcionamento considerado ideal ela apresentará este rendimento. Nesta simulação foi considerado um fator de decréscimo de 0.8 kWh para cada metro por segundo diferente de 12, para cima e para baixo, a partir de 3m/s chegando ao limite de 20m/s.

- **Diâmetro entre 2m e 3m:** Esta opção irá simular cruzando os dados informados pelo usuário com os dados de uma turbina genérica com diâmetro do rotor entre dois e três metros. Muitas destas turbinas podem ser indicadas para conexão na rede elétrica de concessionárias de energia, dependendo das especificações do fabricante. As características dessa turbina definem a conversão de 1497kWh/mês para vento nominal (16m/s), ou seja, em seu funcionamento considerado ideal ela apresentará este rendimento. Nesta simulação foi considerado um fator de decréscimo de 0.8 kWh para cada metro por segundo diferente de 16, para cima e para baixo, a partir de 3m/s chegando ao limite de 20m/s.

Na parte B, as opções de tamanho de rotor são as mesmas e o que difere é o método de cálculo. Nesta parte, foram aplicadas equações que consideram situações ideais de conversão de energia, não sendo levados em conta dados de fabricantes de turbinas eólicas.

A seção 7 ainda fornece uma informação importante no contexto da relação amigável entre energia limpa e meio ambiente. Essa informação refere-se à emissão de CO₂ na atmosfera.

A produção de eletricidade por meios tradicionais como combustão de carvão, por exemplo, ocasiona poluição atmosférica na forma de emissão de gás CO₂, causador do efeito estufa.

Em 2015, a média mensal do fator de emissão para fontes de conversão de energia elétrica tradicionais no Brasil, segundo o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – Brasil (2016), estava em 0,1244. Este fator foi aplicado ao resultado da carga suprida pela turbina escolhida pelo usuário no aplicativo, gerando a referida informação de quanto CO₂ se evita emitir na atmosfera pela utilização da turbina eólica.



Figura 14: Guia do Usuário.

Esta informação é apresentada ao usuário no formato de janela *popup* (tipo de alerta em que uma janela aparece na tela informando algo e mantendo a opção de fechar), de maneira que a interação poderá voltar a ser feita no aplicativo somente após o usuário fechar essa janela. Esse é um processo impositivo, porém com objetivo de apresentar mais uma informação relevante ao usuário.

A interação do usuário no aplicativo de simulação finaliza ao lhe apresentar os dados das turbinas comerciais e os dados sobre emissões de CO₂. Toda a rotina do aplicativo foi desenvolvida para funcionar em tempo real, com respostas *online*. Este método foi adotado para atingir o maior número possível de usuários do sistema.

O aplicativo tem caráter geral por estar todo exposto em um único formulário. Seu uso é sequencial, por isso foi elaborado com divisão em seções numeradas. Além disso, o aplicativo foi projetado para ter uso intuitivo e facilitado. Mesmo assim, foi criado um Guia do Usuário, Figura 14, onde é possível obter informações desde como iniciar uma simulação até a explicação dos resultados obtidos ao final da experiência do usuário com o APP.

3.3 A interface geral do sistema

Pretende-se nesta pesquisa que a experiência do usuário seja fácil, agradável e intuitiva. Segundo Pressman (2006), a estética possui grande influência no sucesso de uma aplicação *web*. Nesse sentido, a página inicial do aplicativo foi projetada com características que transmitem simplicidade e, ao mesmo tempo, legibilidade de todas as informações disponíveis. Segundo Baxter (2011), a percepção humana é amplamente dominada pela visão; o sentido visual predomina diante dos outros sentidos.

O leiaute do aplicativo foi projetado com referências da Gestalt, que compreende um conjunto de regras para se obter percepção visual aprimorada. Leis da Gestalt foram formuladas por um grupo de psicólogos alemães nas décadas de 1920 a 1940 (BAXTER, 2011). Este conjunto de leis de percepção visual é largamente utilizado em leiautes de revistas, páginas de internet e outras formas de apresentação de material gráfico.

Segundo o modelo de Berlyne, citado por Baxter (2011), existe um ponto ótimo de complexidade onde a atratividade visual será maximizada. Excesso de complexidade no leiaute pode tornar negativa a atratividade visual, conforme Figura 15.

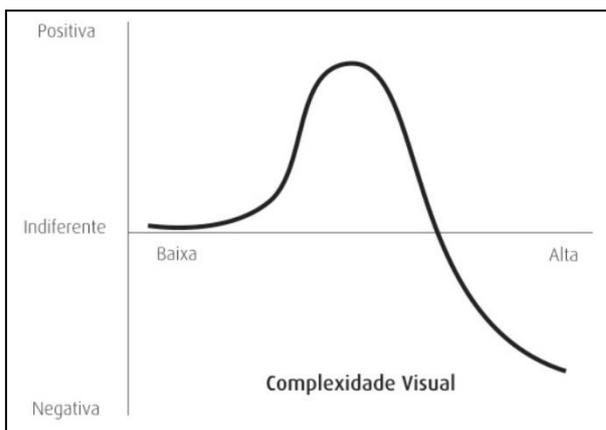


Figura 15: Modelo de complexidade visual de Berlyne
Fonte: Adaptado de Baxter (2011)

A Figura 16 mostra o anteprojeto da interface da página inicial, porém como visto na Figura 6, a interface foi aprimorada e desenvolvida em linguagem HTML, CSS, JavaScript (JS), com auxílio da ferramenta Layoutit que foi composta com base no Bootstrap (software *online* para construção de páginas na internet), disponíveis gratuitamente na internet (KATZ et al, 2015).

A principal vantagem da utilização do Bootstrap é que a base para o leiaute pode ser feita uma única vez, pois a maioria das características estarão em arquivos separados do

HTML, estando neste apenas atalhos para arquivos CSS e JS. Assim, todas as páginas podem herdar características contidas nestes arquivos.

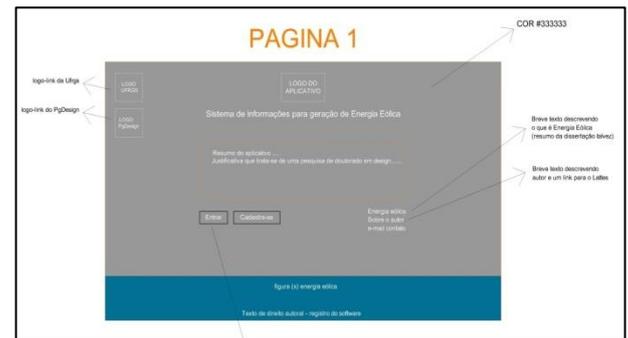


Figura 16: Anteprojeto da interface

Todas as páginas, assim como a página inicial, foram desenvolvidas com o *software* livre Notepad++ (versão 6.8.8, 2015), escritas quase todas em HTML, CSS e JS.

O aplicativo desenvolvido nesta pesquisa é parte de um sistema de informação no formato de página de internet. A página inicial descrita anteriormente tem um botão de 'entrar', que funciona como um *link* para a segunda página do sistema de informação e um botão de simulação, que é um *link* para a página do aplicativo de simulação. Na segunda página (Figura 17) o usuário irá se deparar com uma série de opções de informação. O objetivo da segunda página é induzir o usuário a buscar conhecimento sobre energia eólica.



Figura 17: Segunda página

Além de servir também como acesso às informações e ao aplicativo de simulação, a segunda página conta ainda com um vídeo, inserido a partir de uma janela do aplicativo youtube (www.youtube.com), onde aparece um protótipo do rotor de uma turbina eólica de pequeno porte de eixo horizontal em funcionamento e apresenta um *teaser* de uma versão do aplicativo de simulação para *smartphone* e *tablet*.

4. AVALIAÇÃO DE USO

O sistema foi submetido à avaliação através de uma pesquisa formulada com a ferramenta Google Formulários, onde é possível criar um formulário com perguntas e opções de respostas.

O acesso ao formulário foi colocado no início da página de simulação, com um botão contendo o texto: Dê sua opinião, conforme Figura 18.

Nesta pesquisa, as questões foram elaboradas com os seguintes objetivos:

1. Avaliar a importância do aplicativo no cenário econômico atual do Brasil;
2. Considerar se restaram dúvidas em relação ao aplicativo, após o uso;
3. Verificar se o aplicativo é intuitivo e fácil de usar;
4. Avaliar a influência do aplicativo para o usuário investir em energia eólica.

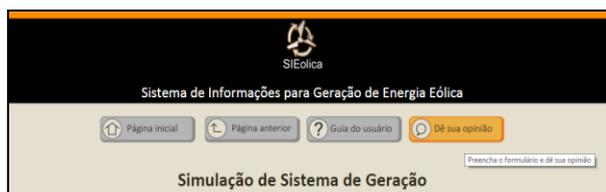


Figura 18: botão de acesso ao formulário

O aplicativo foi disponibilizado ao público no dia 23 de março de 2016, perfazendo 84 dias (até a elaboração deste artigo). Durante este período, um número não expressivo de avaliações foi feito. Por esse motivo os resultados dessas avaliações não serão apresentados aqui.

O sistema está sendo monitorado com auxílio da ferramenta Google Analytics. Esta ferramenta consiste em adicionar um código ao arquivo fonte HTML da página que se deseja monitorar. A partir daí é possível obter informações como quantidade de acessos, tempo de permanência e localização geográfica do acesso à página de internet (Tabela 1). Os dados desta tabela foram obtidos a partir da data citada acima, somando 84 dias.

Tabela 1: Dados de acesso ao sistema

| PÁGINA DO SISTEMA | VISUALIZAÇÕES | TEMPO |
|-------------------------------|---------------|----------|
| /sieolica/ | 995 | 00:00:55 |
| /sieolica/pagina3.html | 650 | 00:02:30 |
| /sieolica/pagina2.html | 478 | 00:00:49 |
| /sieolica/fluxo.html | 124 | 00:00:29 |
| /sieolica/index.html | 113 | 00:01:15 |
| /sieolica/TEEP.html | 56 | 00:00:26 |
| /sieolica/GuiaUsuarioAPP.html | 46 | 00:02:21 |
| DEMAIS PÁGINAS | 311 | 00:01:11 |

O tempo médio de permanência na pagina3, que é onde se encontra o aplicativo de simulação propriamente dito, foi de dois minutos e meio. Este tempo é considerado suficiente para realização de uma simulação. Por meio desta informação conclui-se que foram realizadas, no prazo de 84 dias, 650 simulações. Neste mesmo prazo, o sistema teve 2782 visualizações em 18 países (114 cidades).

A Figura 19: mapa de acessos por país mostra, no mapa-múndi, a distribuição geográfica de acessos. De acordo com a escala gráfica percebe-se que a maior quantidade de acessos foi no Brasil.

A ferramenta de monitoramento fornece outras diversas informações como o acesso à segunda página em uma seção no sistema. Esse dado é estratégico para o sistema proposto

visto que o objetivo é o usuário chegar ao aplicativo de simulação.

Através desse parâmetro foi possível definir pela permanência de um botão de acesso ao local de simulação na primeira página, pois a segunda página de navegação mais acessada foi a pagina3, ou seja, local do aplicativo de simulação. A Figura 20 apresenta um gráfico onde constam os acessos por segunda página na navegação pelos usuários.

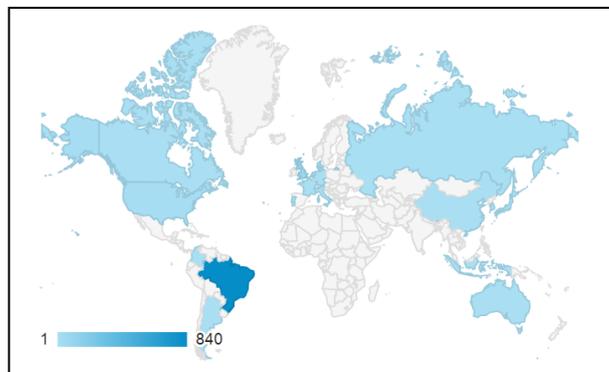


Figura 19: mapa de acessos por país

Fonte: mapa extraído da ferramenta Google Analytics

Salienta-se ainda a importância para a pesquisa em design do registro de patente ou propriedade intelectual de inventos de qualquer natureza, que detenham certo grau de inovação.

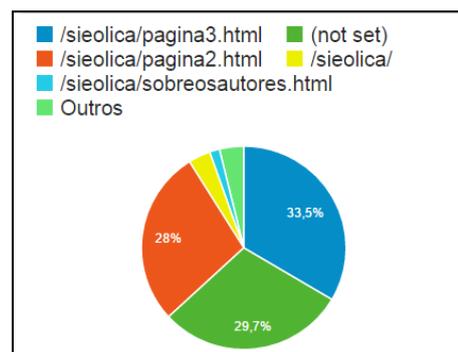


Figura 20: acessos à segunda página do sistema

O sistema de informação desenvolvido e apresentado nesta pesquisa teve seu pedido de registro, na modalidade Registro de Software junto ao INPI – Instituto Nacional de Propriedade Intelectual, através do SEDETEC – Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O referido pedido encontra-se em tramitação junto ao INPI.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A constatação da falta de informação referente à geração distribuída de energia impulsionou o desenvolvimento do produto descrito neste artigo.

Foi elaborado um método onde são apresentados problemas conhecidos, lógicas e objetos, que com atribuições delegadas podem gerar conexões solucionadoras. Este método foi utilizado para execução de um sistema de informações para área de geração de energia através de fonte renovável – energia eólica com turbina de pequeno porte.

O sistema está no formato de páginas de internet e conta com um aplicativo de simulação de utilização de turbina eólica para suprir a demanda do usuário. Foi feita

escolha por um sistema *online* de acesso gratuito para ser utilizado pelo público em geral. O objetivo é atingir o maior número de pessoas possível.

O sistema de informação SI*Eólica* possibilita agregar conhecimentos da área de energia eólica oferecendo ao usuário um simulador de geração de energia. Ao proporcionar tais serviços, acredita-se que o mesmo cumpra sua função, que é a de divulgar os benefícios da geração distribuída de energia com uma fonte limpa e renovável.

O próximo passo desta pesquisa é a elaboração de um aplicativo para dispositivos móveis (*APP mobile*), uma vez que esse tipo de aparelho é largamente utilizado pela população em geral. Um sistema independente, instalado diretamente no aparelho do usuário fará com que o mesmo não dependa de conexão com internet e computador para realizar simulações. O aplicativo deverá manter a identidade visual e funcional do sistema inicial descrito neste artigo.

REFERÊNCIAS

- [1]. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR ISO/IEC 9126 Engenharia de software - Qualidade de produto*. Rio de Janeiro. 2003.
- [2]. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR ISO 9241-11 Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual Parte 11: Orientações sobre usabilidade*. Rio de Janeiro. 2011.
- [3]. BAXTER M. *Projeto de Produto: Guia Prático para o design de novos produtos*. Inglaterra: Edgard Blucher, 342p. 2011.
- [4]. BRASIL, Agencia Nacional de Energia Elétrica. *Resolução Normativa nº482 de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 16 jul. 2014.
- [5]. BRASIL, Agencia Nacional de Energia Elétrica. *Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2016.
- [6]. BRASIL, Agencia Nacional de Energia Elétrica. *Banco de Informações de Geração*. 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- [7]. BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Planilha do Fator Médio Mensal de emissões de CO₂*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html>>. Acesso em: 22 maio 2016.
- [8]. CGEE (Brasil). Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Org.). *Redes elétricas inteligentes: contexto nacional*. Brasília: Tatiana de Carvalho Pires, 172 p. 2012.
- [9]. FRIEDMAN K. *Theory construction in design research: criteria: approaches, and methods*. Design Studies, v.24, p. 507-522, 2003.
- [10]. GWEC – Global Wind Energy Council. *Global Wind 2013 Report*. Bélgica: Ed. Lauha F. et al, 2013.
- [11]. HORN RE. *Information design: Emergence of a new profession*. In: Information Design. Cambridge: MIT Press, p. 15-33.1999.
- [12]. ISAKOWITZ T, STOHR E, BALASUBRAMANIAN P. *RMM: A methodology for Structured Hypermedia Design*. Communication of ACM, v. 38, n. 8. 1995.
- [13]. KATZ J, CAPELETTO M, ALBIZ HB. *Layoutit*. Software online, disponível em: <<http://www.layoutit.com>>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- [14]. KRUG S. *Não me faça pensar: uma abordagem do bom senso à navegabilidade da web*. São Paulo: Market Books, 2001.
- [15]. LINDGAARD G. *Usability Testing and System Evaluation*. London, UK: Chapman & Hall, 1994.
- [16]. MEMORIA F. *Design para a Internet: projetando a experiência perfeita*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- [17]. NIELSEN, J. *Projetando Web sites*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- [18]. PADOVANI S. *Avaliação ergonômica de sistemas de navegação em hipertextos fechados*. 247 p. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes & Design. 1998.
- [19]. PIRES JCP. *Estudo de rotor para turbina eólica de eixo horizontal de pequeno porte com aplicação de modelagem e simulação virtual*. 102 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Design. 2010.
- [20]. PRESSMAN RS. *Engenharia de Software*. EUA: Bookman, 752p. 2006.
- [21]. SZABLUK D. *As competências da equipe de projeto no processo de desenvolvimento de aplicações web*. 140 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Design. 2011.