

APROVEITAMENTO DE COBERTURAS DAS EDIFICAÇÕES DA UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ PARA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Cleverson Luiz da Silva Pinto*

*Doutor em Engenharia Elétrica - Professor e pesquisador da Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia - FACET, Universidade Tuiuti do Paraná
Engenheiro da Companhia Paranaense de Energia - COPEL
cleverson.pinto@utp.br

Cícero Barbosa dos Santos **

**Mestre em Engenharia Elétrica - Professor e pesquisador da Faculdade de Ciências Aeronáuticas – FACAERO e da Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia - FACET, Universidade Tuiuti do Paraná.
Previsor do Centro Meteorológico de Vigilância do Segundo Centro Integrado de defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo- CINDACTA II.
cicero.santos@utp.br

Adriano Lucio Dorigo***

***Mestre em Tecnologia - Professor e pesquisador da Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia - FACET, Universidade Tuiuti do Paraná
Professor do Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas - NCET, Universidade Positivo
adriano.dorigo@utp.br

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo sobre o *aproveitamento de coberturas das edificações da Universidade Tuiuti do Paraná para geração fotovoltaica* através da instalação de pequenas centrais fotovoltaicas, com possibilidade de funcionar sobre forma de sistema híbrido para alimentação de cargas setorizadas da Universidade e consideradas essenciais ao funcionamento da mesma. Inicialmente realizou-se um estudo sobre o potencial fotovoltaico das coberturas das edificações em função da área disponível para instalação dos painéis fotovoltaicos. A biblioteca, por ser considerada a edificação com maior horário de funcionamento, foi escolhida como projeto-piloto para implantação da fase de geração. O projeto das pequenas centrais fotovoltaicas também servirá como laboratório para estudantes da universidade e para pesquisas na área de fontes alternativas de energia em nível de pós-graduação.

Abstract

This work presents a study on the *use of construction coverings of University Tuiuti of Paraná for photovoltaic generation* through the installation of small photovoltaic centrals, with possibility of working on form of hybrid system for feeding sectorized loads of the University and considered essential to the operation of the same. Initially it was performed a study about the photovoltaic potential of the constructions coverings in function of the available area for installation of the photovoltaic panels. The library, considered the building with greater time of operation, was chosen as pilot-project for implantation of generation phase. The project of the photovoltaic centrals will also serve as laboratory for the university students and for researches in alternative energy sources area at level of masters degree.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das aplicações da energia solar, seja como geração fotovoltaica ou como aplicação por processos termodinâmicos, não significa o começo de um novo cenário econômico e energético; pelo contrário, esse tipo de geração primeiro deve conquistar seu lugar no mercado global de energia, tornando-se competitivo como o petróleo, carvão, sítios eólicos ou energia nuclear, quer pela razão do esgotamento dos recursos naturais, da poluição térmica ou química do ambiente natural, da maior independência de fornecedores estrangeiros ou simplesmente por custos inferiores. Aplicações de pequenas centrais fotovoltaicas de forma isolada, interligada ou híbrida devem servir como laboratório para usos em larga escala, principalmente em países que possuem grande potencial solar como o Brasil.

A geração fotovoltaica tem um mercado ainda pequeno e tímido quando comparado com a demanda global de energia, mas o esforço da pesquisa e desenvolvimento que está ocorrendo no cenário global acelerará o progresso futuro desta fonte alternativa de energia. Em particular, as nações industrializadas, carentes da necessidade de recursos energéticos com baixa poluição, e ameaçadas por uma crescente dependência da energia importada e limitação dos recursos energéticos convencionais, poderão se apoiar, em parte, na geração

fotovoltaica. Acontecendo isto, haverá uma contribuição para a transformação da vida econômica e social nestes países. Os países em desenvolvimento também poderão se beneficiar extensamente com a futura implantação da conversão direta de energia solar. Isto não só porque muitos destes países têm elevada taxa de radiação, mas também pelo fato de que a energia fotovoltaica torna economicamente possível a construção de centrais geradoras locais de qualquer tamanho, o que favorece o desenvolvimento descentralizado, que é socialmente desejável em tais países, por permitir às populações rurais progredir e evoluir em suas próprias regiões. O uso crescente da energia solar, e em particular a fotovoltaica, facilitará a descentralização da indústria e o desenvolvimento das áreas rurais, porque significa uma independência com relação ao combustível caro e à geração convencional. Estas perspectivas muito favoráveis não devem ocultar os problemas do desenvolvimento da geração fotovoltaica, pois aqueles que pensam que esse tipo de energia solar é grátis estão errados. Este tipo de geração tem evoluído gradualmente e ainda é parcialmente competitiva com as fontes convencionais. Pesquisas estão em constante desenvolvimento no que diz respeito às tecnologias de materiais das células fotovoltaicas e seus arranjos de geração, produzindo reflexos em seus valores de implantação e uso. É razoável esperar que o tempo de aplicação da energia fotovoltaica será mais curto e menos intensivo em relação aos custos do que foi para a energia nuclear. A utilização da geração fotovoltaica é talvez o maior desafio energético em relação ao domínio da tecnologia com que se defronta a humanidade. Quando o êxito desta geração for atingido em larga escala, esta poderá ser considerada como um marco histórico, uma vez que esse tipo de geração é não poluente e inesgotável.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral analisar o potencial fotovoltaico da Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) - Campus Barigüi, demonstrado na figura 1, e projetar um sistema alternativo de suprimento de elétrica energia para este campus, seja de forma isolada ou interligada com outra forma alternativa ou convencional, tendo como finalidade servir como reserva e alimentação dos setores considerados essenciais e estratégicos da Universidade. Alguns objetivos específicos foram traçados como:

- Identificar as áreas de potencial fotovoltaico e eólico do Campus da UTP Barigüi;
- Analisar qual a fonte alternativa de maior aproveitamento para o Campus quanto aos aspectos ambientais e energéticos;
- Verificar a viabilidade econômica das fontes a serem instaladas;
- Projetar o sistema, analisando-o sobre o aspecto de operação isolada ou interligada à rede elétrica (smart grid);
- Analisar a possibilidade um sistema híbrido de geração.



Figura 1- Foto aérea do Campus Barigüi da Universidade Tuiuti do Paraná
Fonte: Google Earth

Illustration 1- Aerial view of Campus Barigüi of University Tuiuti of Paraná
Source: Google Earth

Como pode ser visto na imagem acima, o Campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná possui as seguintes características quanto a sua localização:

- Encontra-se em região alta;
- Está cercado por edificações baixas, predominantemente residenciais;
- Situa-se em zoneamento de baixa densidade e com limitação de altura;
- Está próximo de área de vegetação;
- Apresenta edifícios com diferentes portes e orientações.

Fontes renováveis de energia, tradicionalmente atrativas em sítios até onde a rede elétrica convencional, por qualquer motivo, não é estendida, começam agora também a ser economicamente interessantes em aplicações conectadas à rede elétrica pública. Neste caso, painéis fotovoltaicos são incorporados ao telhado ou fachada de casas e prédios urbanos e injetam energia elétrica diretamente nas cargas ou na rede, funcionando como mini-usinas em paralelo com as concessionárias de energia elétrica. Painéis solares fotovoltaicos baseados na tecnologia tradicional do silício cristalino (tanto na forma monocristalina m-Si, como na forma policristalina p-Si, denominados genericamente por c-Si), sofreram uma redução de custos apreciável desde suas primeiras aplicações no fornecimento de energia elétrica para satélites. As novas tecnologias fotovoltaicas apresentam hoje custos mais baixos em comparação com as do passado e seu potencial de redução de custos em curto prazo é tal que despontam agora como alternativa economicamente viável na geração de potência elétrica associada à geração convencional.

Portanto, um sistema de fontes alternativas de energia no Campus Barigui pode ser projetado e implementado visto as suas características de localização e também pelo tipo de carga que possui, constituído essencialmente por iluminação artificial. Os benefícios para o Campus seriam:

- Provável redução e economia na conta de energia elétrica;
- Instituição passaria a ser relacionada a conceitos de sustentabilidade;
- Tornar-se referência para estudos da comunidade acadêmica, externa e interna, principalmente para os da Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia da UTP;
- Servir para estudos de cursos de Pós-Graduação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho inicialmente se constituiu do levantamento de dados para a estimativa da curva de demanda de consumo da Universidade Tuiuti, Campus Prof. Sidney Lima Santos (Barigui). Este campus possui uma entrada consumidora, onde é feita a tarifação da energia pela concessionária local. A tarifação da UTP é realizada no método "horosazonal", com demanda contratada na ponta e fora da ponta, e o Campus Barigui da universidade possui internamente diversas edificações destinadas a diferentes fins, dentre eles: salas de aula, administrativo, laboratórios, etc. A primeira etapa no processo de estudo do suprimento de energia ao campus foi a caracterização da carga de cada edificação, que é feita através do levantamento da curva de carga. Basicamente, há duas maneiras de proceder ao levantamento da curva de demanda da carga para cada uma das unidades consumidoras.

Opção 1 – Medição direta da demanda na entrada consumidora:

Consiste na instalação de um dispositivo de medição com registrador de memória, capaz de armazenar dados de medição (corrente e tensão) amostrados durante certo período de tempo, que permite o levantamento da curva de carga desta edificação. A captura destes dados é feita periodicamente com um notebook ou outro dispositivo específico para este fim, já que os dados ficam armazenados no equipamento por certo intervalo de tempo. Extraída a dificuldade de obtenção e instalação deste equipamento, os dados obtidos permitem uma alta precisão na obtenção da curva de demanda da edificação.

Opção 2 – Estimativa com o uso de curvas de carga típicas:

Quando a medição no local não é possível ou é inviável, pode-se estimar a curva de carga da edificação utilizando curvas de carga típicas para cada segmento de consumidores, obtidas de medições, ou campanha de medições, realizadas por outras instituições.

A curva típica é escolhida com base na utilização principal do edifício em questão, como por exemplo, um edifício com características comerciais. Os dados originais são normalizados e depois transformados novamente em energia usando como base a potência instalada, ou alguma medição local instantânea.

Por motivo de segurança a UTP não permitiu a instalação de equipamentos de medição nas entradas consumidoras de cada edificação, então o método de obtenção da curva da demanda de cada edificação que se apresentou viável foi o descrito na opção 2. A curva típica ainda está em fase de levantamento para as unidades consumidoras do campus.

A seguir foram calculadas as áreas de cobertura de alguns dos blocos da UTP, demonstrados na planta abaixo, conforme figura 2. Os dados relativos aos edifícios, apresentados na seqüência, foram retirados do projeto arquitetônico do campus, com o objetivo de levantar o potencial fotovoltaico de telhados da Universidade.

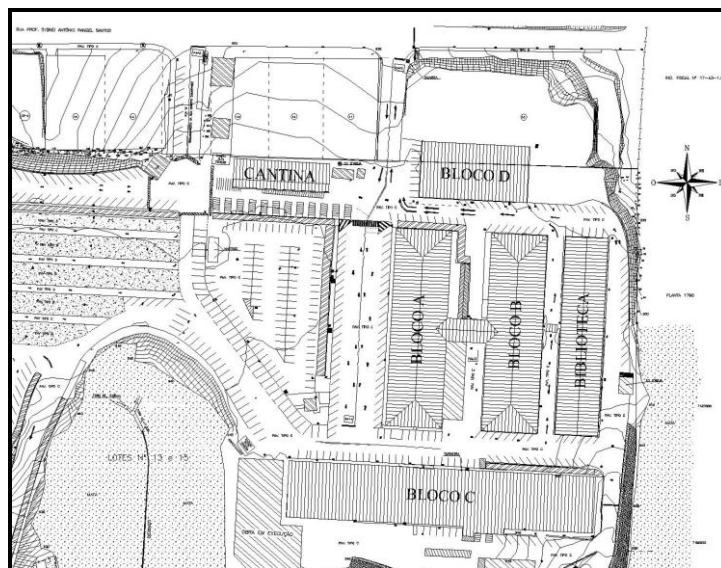


Figura 2- Implantação do Campus Barigüi da Universidade Tuiuti do Paraná

Fonte: Transição Serviços de Agrimensura e Topografia

Illustration 2- Site plan of Campus Barigüi of University Tuiuti of Paraná

Source: Transition Services of Surveying and Topography

Os dados abaixo foram retirados dos projetos arquitetônico da UTP com o objetivo de levantar o potencial fotovoltaico de telhados da Universidade:

Cantina

Coordenadas: 25°25'26"S / 49°19'07"W

Cobertura 2 águas

Área água norte: 414 m²

Área água sul: 144 m²

Biblioteca

Coordenadas: 25°25'28"S / 49°19'03"W

Cobertura 2 águas

Área água leste: 631 m²

Área água oeste: 631 m²

Bloco A e B

Coordenadas: 25°25'28"S / 49°19'06"W

Cobertura 4 águas

Área água norte: 91,5 m²

Área água sul: 91,5 m²

Área água leste: 693 m²

Área água oeste: 693 m²

Bloco C

Coordenadas: 25°25'30"S / 49°19'05"W

Cobertura 1 água

Área água norte: 2.165 m²

Platibanda de 70 cm no perímetro

Bloco D

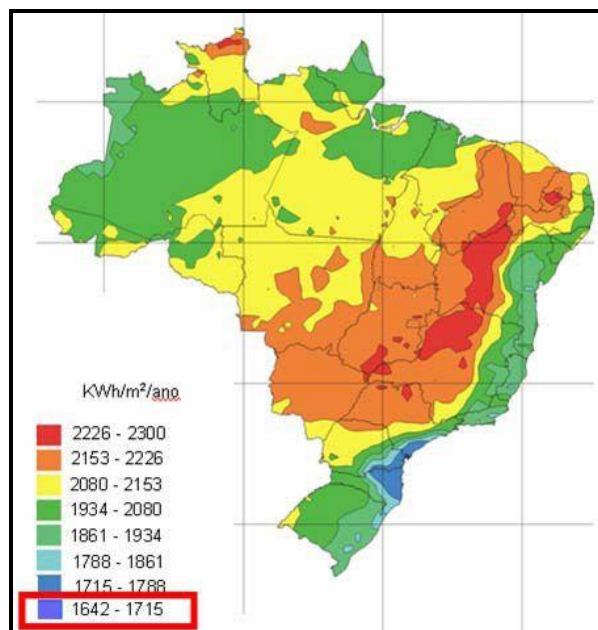
Coordenadas: 25°25'26"S / 49°19'05"W

Cobertura 1 água

Área água norte: 750 m²

Platibanda de 70 cm no perímetro

Uma estação meteorológica de superfície foi montada no campus para coletar informações de vento e radiação, porém como o sensor de radiação ainda está em fase de aquisição, foram utilizados dados baseados no mapa de radiação solar mostrado na figura 3, abaixo. Desta forma, estima-se o potencial fotovoltaico disponível nos telhados, como apresentado a seguir. Para estes cálculos está sendo considerada uma posição angular fixa, ou seja, sem rastreamento.



Fontes: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006 e Solar Server, 2007.

Figura 3 - Atlas Solarimétrico do Brasil. Média anual da radiação global incidente no plano horizontal

Illustration 3 -Source: Brazilian atlas of Solar Energy, 2006 and Solar Server, 2007.

Solar map of Brazil. Annual average of the incident global radiation in the horizontal plan

Considerando a radiação média de 1642 kWh/m²/ano, tem-se um potencial médio para áreas de telhado conforme mostrado na tabela 1:

TELHADO	ÁREA(m ²)	MWh/m ² /ano
Cantina	558	916,2
Biblioteca	1262	2072,2
Bloco A	1569	2576,3
Bloco B	1569	2576,3
Bloco C	2165	3354,9
Bloco D	750	1231,5

Tabela 1- Valores do potencial fotovoltaico para o Campus Barigüi da Universidade Tuiuti do Paraná.

Table 1 - Values of the photovoltaic potential to the Campus Barigüi of University Tuiuti of Paraná.

A eficiência de uma central fotovoltaica de pequeno, médio ou grande porte é o produto dos rendimentos de seus componentes principais, do conjunto dos módulos e do subsistema de condicionamento de potência. O subsistema de condicionamento de potência tem uma curva de rendimento que depende da carga, subindo rapidamente e estabilizando-se praticamente para valores a partir de 50% da curva total, segundo o PROJETO 2015. Com relação à central fotovoltaica como um todo, além dos rendimentos dos subsistemas principais, há ainda um conjunto de outros fatores que levam em conta as perdas que influenciam o rendimento global da central. A tabela 2 mostra os rendimentos obtidos nas várias fases do processo de conversão fotovoltaica em uma central fotovoltaica.

Passos no processo de conversão fotovoltaica	Rendimento do passo (%)	Rendimento acumulado (%)
Radiação incidente	100	100
Sombreamento de partes do arranjo	99,0	99,0
Degradação do módulo com o tempo	95,0	94,05
Acumulação de sujeira	95,0	89,35
Rendimento do módulo	13,0	11,62
Perda de rendimento do módulo devido ao aquecimento	91,6	10,64
Descasamento na interligação dos módulos	97,0	10,32
Perdas resistivas nas partes DC	99	10,22
Rendimento médio do PCS	92	9,40
Perda resistiva da parte AC	99,5	9,35
Consumo da central	99,9	9,34

Tabela 2 - Rendimento na conversão fotovoltaica - Fonte: PROJETO 2015

Table 2 - Income in the conversion photovoltaic - Source: PROJECT 2015

Percebe-se que o rendimento de uma Central é de 9,34% segundo dados do PROJETO 2015, desde que considerada a utilização em corrente alternada; no caso de utilização em corrente contínua, o rendimento médio dos módulos fotovoltaicos deve ser considerado como parte principal da geração. Neste trabalho estão sendo considerados dados do PROJETO 2015 onde os módulos apresentam rendimento médio de 13%. Calculando então o potencial fotovoltaico para as áreas de coberturas da UTP, temos na Tabela 3:

TELHADO	ÁREA(m ²)	MWh/m ² /ano
Cantina	558	85,57
Biblioteca	1262	193,54
Bloco A	1569	240,63
Bloco B	1569	240,63
Bloco C	2165	313,34
Bloco D	750	70,05

Tabela 3 - Valores de geração fotovoltaica para o Campus Barigui -UTP

Table 3 - Values of the photovoltaic generation to the Campus Barigui – UTP

A figura 4, abaixo, mostra um sistema isolado similar ao que será adotado no projeto, o qual é formado por um painel fotovoltaico que gera uma determinada energia contínua, uma interface elétrica de tratamento desta energia e um sistema de condicionamento de potência.

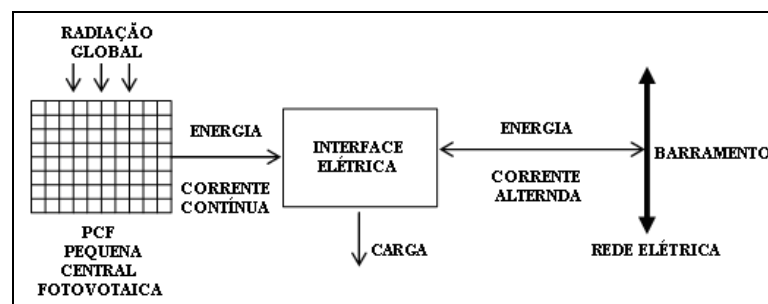


Figura 4 - Esquema para modelagem de sistema fotovoltaico isolado com armazenamento.

Illustration 4- Outline for modelling of photovoltaic stand alone with storage.

O sistema de condicionamento de potência é a parte da geração fotovoltaica destinada a transformar a potência fornecida em corrente contínua pelos grupos de módulos (painéis) em uma forma conveniente para a carga e tem como funções controlar o acionamento-desacionamento, ponto de operação do arranjo fotovoltaico, proteção do sistema, conversão da corrente contínua em alternada e sincronização com a rede. É compreendido pelos seguintes elementos:

- Um seguidor de potência máxima (controla o ponto de operação do arranjo fotovoltaico, visando otimizar a eficiência da operação). O ponto de potência máxima das características tensão x corrente dos módulos varia em função da intensidade da radiação e da temperatura; uma regulação pode seguir a variação deste ponto, principalmente ao nascer e ao pôr do Sol;
- Sistema de interface entre o sistema de armazenamento (por exemplo, a bateria): controle do estado da carga, e carga/descarga;
- Conversão da corrente contínua em alternada através de inversores;
- Interface com a rede (transformador de proteção, transformador adaptador ao nível de tensão da rede de transmissão ou distribuição, de acordo com o PROJETO 2015).

Neste projeto foi adotada a configuração acima, sendo que a conexão futura com a rede deverá obedecer a critérios de interligação da concessionária local.

Como projeto-piloto, a biblioteca está sendo adotada como a primeira edificação a ser alimentada por uma Pequena Central Fotovoltaica (PCF), em virtude de funcionar durante todo expediente da Universidade. Sua carga é composta basicamente de iluminação, possui 421 luminárias com potencia de 80W (2 lâmpadas fluorescentes de 40W cada) e seu reatores eletrônicos têm potência unitária de 75W. Considerando os fatores de potência dos reatores, estima-se uma potencia instalada de 31,6KW de carga de iluminação. Considerando que a biblioteca funciona em média 14 horas por dia, 26 dias no mês, temos uma potencia anual de 127,4 MWh. Observando a tabela 3 pode-se concluir que a área de telhado, se utilizado em toda a sua totalidade para captação solar, seria suficiente para atender a demanda de carga da biblioteca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cálculos iniciais, conforme demonstrado anteriormente, apontam para a possibilidade de se conseguir atender parte da demanda com o uso de energia fotovoltaica. No entanto, os resultados obtidos até então são ainda preliminares e não conclusivos, pois apenas o aspecto conceitual está sendo tratado no momento.

Embora Shayani et al. (2006) aponte que, quando são considerados os custos totais de implantação da rede convencional desde a sua geração, os seus custos sociais e ambientais em um período de 30 anos, a diferença para a geração fotovoltaica se reduza consideravelmente, tendendo inclusive a chegar a uma reversão do quadro, sabe-se que hoje os custos envolvidos são significativos e, assim, deve-se levar em consideração todo um conjunto de fatores que comprove ou não a viabilidade da implantação do sistema.

As verificações futuras devem envolver desde as condições de sombreamento a que as placas fotovoltaicas da cobertura esteja sujeitas ao longo do ano – encobertas por edificações próximas que seja mais altas, por exemplo – até estudos de painéis fotovoltaicos disponíveis no mercado que apresentem maior rendimento e que favoreçam a viabilidade econômica do projeto baseando-se no retorno da tarifa, já que, de acordo com Marinowski et al. (2004), existem diferentes tecnologias fotovoltaicas, onde “destacam-se as células solares de silício cristalino (c-Si), o silício amorfo hidrogenado (a-Si: H ou a-Si), o telureto de cádmio (CdTe) (...)”, dentre os quais “(...) os que possuem maior utilização são os painéis de silício cristalino e os de silício amorfo.” A tecnologia mais adequada para utilização, portanto, deve ser escolhida associando-se as capacidades do sistema com as potencialidades e necessidades do local.

Vê-se então que apenas o potencial de geração, por si só, pode não justificar a implantação de um sistema como o estudado. Os próximos passos da pesquisa pretendem analisar as demais condicionantes envolvidas para o traçado de um panorama mais fiel a respeito do desempenho do sistema, seus impactos e retornos.

CONCLUSÕES

Até o momento, foi possível identificar o potencial fotovoltaico das edificações nas áreas de cobertura disponíveis, bem como levantar a carga da biblioteca para verificar se sua área de cobertura atende a demanda. Uma vez comprovada a viabilidade de uso de energias renováveis na construção estudada, sua aplicação pode se estender para outras edificações do campus e seu uso pode mesmo ser ampliado para outras áreas e fins, iluminação de jardins e estacionamentos, etc. Os dados apresentados e as pesquisas futuras comporão um panorama geral sobre as viabilidades técnica e econômica e sobre a eficiência do sistema fotovoltaico nos setores estudados da UTP. O projeto pode então possibilitar uma maior difusão quanto à utilização dos sistemas solares

fotovoltaicos em universidades particulares, de modo a tornarem visíveis os seus benefícios, tanto ambientais quanto energéticos.

Pretende-se, assim, que as conclusões da pesquisa em questão, além de apontar os possíveis benefícios diretos para a universidade, contribuam para o desenvolvimento da construção civil brasileira no aspecto do aproveitamento de outras fontes energéticas, alinhando-a com tendências percebidas em países mais desenvolvidos. Exemplo disso são alguns programas em andamento que incentivam, por exemplo, o uso da produção de energia descentralizada, aproximando a produção do consumo (THE SMART GRID, 2009). Incentivadas através da existência de redes inteligentes (smart grid), pretendem, através do uso de redes de comunicação, integrar pequenas centrais geradoras descentralizadas com o sistema de distribuição de energia elétrica das concessionárias.

No que diz respeito a sustentabilidade, outro ponto a ser levantado é que muitas das certificações ambientais de edificações (como a certificação Leadership in Energy and Environmental Design - LEED, por exemplo), consideram em suas pontuações questões relativas a educação dos usuários. A existência de sistemas como o estudado por esta pesquisa em uma instituição de ensino possibilitaria que os usuários do campus tomassem ciência de diferentes possibilidades relacionadas a geração de energia, como exemplo de ações sustentáveis, o que significa ganhos para a comunidade da interna e externa, de forma geral.

AGRADECIMENTOS

- À Universidade Tuiuti do Paraná, pelo fomento.
- À FACET – Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia, pelo apoio a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RÜTHER, R. (2004). “Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC”. In: X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído e I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável – ENTAC / CLACS. São Paulo.
- PEREIRA, E.; MARTINS, F; ABREU, S.; RÜTHER, R. (2006) Atlas Brasileiro de Energia Solar. INPE, São José dos Campos. Fontes: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006 e Solar Server, 2007.
- PROJETO 2015 – ELETROBRÁS.
- SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G. de; CAMARGO, I. M. de T. (2006). “Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais”. In: V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético – CBPE. Brasília.
- “THE SMART GRID – An Introduction”. Disponível em http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages.pdf. (08 out. 2009).
- “LEED - Leadership in Energy and Environmental Design”. Disponível em <http://www.usgbc.org> (20 mai. 2010).