

ESTUDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

STUDY OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM INSTALLED IN A RESIDENTIAL CONSTRUCTION

MICAELA SANTOS DEBOSSAN. Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Ingá.

EDENIR CARVELLI. Engenheiro Civil, especialista pela Universidade Estadual de Maringá, docente do curso de graduação em Engenharia Civil e Engenharia Mecânica do Centro Universitário Ingá. edenir.carvelli@gmail.com

Rua Mieko Imai da Silva, 301, Jardim Licce, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87025-640. Email: micaeladessanmga@gmail.com

RESUMO

O Sistema fotovoltaico, utilizando a energia solar, pode tornar as edificações mais sustentáveis, atendendo as necessidades das obras e do meio ambiente, de forma viável e eficaz. Por meio deste trabalho objetivou-se comprovar a eficácia da utilização de um sistema alternativo, estimando o *payback*, por meio da comparação entre o tempo de retorno do sistema fotovoltaico prevista e o real, de forma que o mesmo obtenha êxito em suas aplicações, possibilitando ainda um impacto ambiental menor que o ocasionado pelo sistema convencional. Este Sistema traz inúmeras vantagens para o meio, sendo uma destas vantagens de caráter econômico, no qual, após o tempo de retorno do investimento, a produção do sistema se torna em lucro para o proprietário, traz também vantagens ambientais como a diminuição do dióxido de carbono, e a utilização de uma fonte inesgotável de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema fotovoltaico. *Payback*. Energia limpa.

ABSTRACT

The photovoltaic System can make the most sustainable constructions, attending the necessities of the works and of the environment, of viable and efficient form, through this work we aim to prove the efficiency of the use of an alternative system, appreciating the time of return, through the comparison between the time of re-turn of the photovoltaic System predicted and the reality, in such a way that the same thing obtains result in his applications, making possible still an environmental impact less than the conventional System. This System brings countless advantages to the way, being link of economical character, in which, after the time of return of the investment, the production of the System becomes a profit to an owner, it brings also environmental advantages like the reduction of the carbon dioxide, and the use of inexhaustible fountain of energy.

KEYWORDS: Photovoltaic system. *Payback*. Clean energy.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria da construção civil é a maior consumidora de recursos naturais e energia do mundo, utilizando entre 15% e 50% dos recursos

naturais, 66% de toda a madeira extraída, 40% de toda energia e 16% de toda água potável consumida. (VICENTI; CARLICCI, 2010). Segundo Corrêa (2009), o termo desenvolvimento sustentável surgiu visando atender os aspectos sociais, ambientais e econômicos. O termo vem sendo difundido desde a década de 80, sendo relacionado com a construção civil no relatório de Brundtland, posteriormente apareceu na Declaração de Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente, que aconteceu em Estocolmo, em 1972.

De acordo com estudo de Corrêa (2009) em junho de 1992 no Rio de Janeiro na ECO-92, também conhecida como Rio 92 ou agenda 21, aconteceram discussões da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, no qual resultaram documentos tratando do desenvolvimento sustentável, afirmando resgatar os anseios de mudanças tendo em vista o equilíbrio ambiental.

Em 2002, na cidade de Johannesburg, aconteceu a Declaração de Política da Cúpula Mundial referente ao Desenvolvimento Sustentável, afirmando que o Desenvolvimento Sustentável é construído sob “três pilares interdependentes e mutuamente sustentadores: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental.” (CORRÊA, 2009).

É sabido que o ramo da construção civil tem grande importância para economia, porém gera muitos impactos ambientais, trazendo problemas para o desenvolvimento sustentável. (STACHERA JÚNIOR, 2008). Neste campo, o sistema hidrelétrico gera grande preocupação, por se tratar de um método que gera alagamento e represamento de águas para a sua instalação e funcionamento. (VICENTI; CARLICCI, 2010).

Além disso, segundo Sousa (2000) os impactos mais comuns causados pela utilização de energia hidrelétrica são: diminuição da correnteza do rio e modificação da temperatura, divisão do lago com temperatura mais baixa (o fundo do lago) e temperatura mais alta (superfície do mesmo), além de causar uma barragem para as espécies aquáticas, alterando a qualidade da água, favorecendo a desagregação de comunidades locais e aumentando a incidência de doenças. Assim, segundo Vecchia (2012):

Determinados impactos são irreversíveis, outros, a capacidade de resiliência da natureza em conjunto com ações antrópicas positivas se encarregam de corrigir e/ou restaurar. Há emissões de gases de efeito estufa principalmente em hidrelétricas localizadas em áreas tropicais, por meio da decomposição de árvores acima da água (em áreas não desmatadas adequadamente antes de se encher os reservatórios), as quais emitem gás carbônico (CO₂). Há também a liberação de gás metano (CH₄) na zona de deplecionamento (área do fundo do reservatório). [...] O excesso de nutrientes na água, principalmente fosfato e nitrato, ocasiona um aumento significativo na população de algas e de microrganismos decompositores na água, levando a uma brusca redução do teor de oxigênio dissolvido. [...] (Grifos nossos)

Levando em consideração os dados acima, é possível perceber que as restrições são cada dia maiores, seja para atender a demanda necessária, ou para criar um equilíbrio entre as necessidades da construção civil e o meio ambiente. Em suma, é extremamente importante criar um paradoxo entre a sociedade que consome cada vez mais energia e ao mesmo tempo quer diminuir os impactos ambientais causados pela extração da mesma. (SILVA; CARVALHO,

2002).

Diante desses dados, é imposta a necessidade de se avançar quantitativa e qualitativamente na produção de medidas alternativas para reduzir os danos causados por tal setor. A sustentabilidade na construção civil é um direcionamento que deve ser levado a diante de forma séria e eficaz. (FREITAS, 2003).

Para serem denominadas sustentáveis, as construções devem ser planejadas e executadas a partir de várias premissas, uma delas é buscar compreender o funcionamento do sistema de captação de energia das edificações. Pensando nisso, a energia solar vem despertando o interesse por se tratar de uma tecnologia considerada limpa, com redução dos impactos ambientais. (ARAUJO, 2002). Tendo como base os estudos de Tavares (2006), a Oferta Interna de Energia (OIE), representa a energia disponibilizada para ser transformada e consumida nas indústrias, transportes, comércio e demais setores econômicos do País, denominados de Consumo Final. Segundo Tavares (2006) 86% do consumo nacional de energia é produzido no país, e 14% são importados, além disso “41% da OIE tem origem em fontes renováveis, enquanto que no mundo, essa taxa é 14% e nos países desenvolvidos é de apenas 6%”.

A NBR ISO 50001:2011 ajuda a estabelecer processos que melhoram o desempenho de energia, além de ajudarem a reduzir a emissão do efeito estufa e outros impactos ambientais, além de ajudar em parâmetros para a implantação de gerenciamento de energia sustentável. (ABNT, 2001).

As fontes de energia renováveis são oriundas do sol, do ar, dos mares e da superfície terrestre como, por exemplo, a energia da biomassa, hidrelétricas, combustíveis fósseis. Já as fontes limpas de energias podem ser de certo modo interligada a fontes renováveis, o sistema eólico e o solar são exemplos disto. O sol é uma das principais fontes de captação de energia, como o sistema fotovoltaico uma fonte de energia limpa. (VILALVA, 2015).

O Brasil tem aproximadamente o dobro da incidência de radiação média ao ano, comparado com o continente europeu, isto mostra a grande eficiência para utilização desta fonte de energia, com base nas informações do atlas brasileiro de energia solar. (PEREIRA et al., 2006). Conforme a Figura 1 onde mostra a oscilação de radiação entre as regiões. A região sul apresenta maior oscilação entre as estações do ano, onde no verão obtém aproximadamente 65% do fluxo de irradiação solar média sendo maior do que a obtida no inverno. (PEREIRA et al., 2006).

O sistema fotovoltaico tem um funcionamento das células e painéis solares, onde as células fotovoltaicas são compostas por um material semicondutor (silício e substâncias dopantes) promovendo a conversão direta da potência de incidência solar em forma de radiação para potência elétrica, as células são os menores elementos do sistema fotovoltaico, no qual, estão ligadas em série e/ou em paralelo, formando módulos e painéis fotovoltaicos. (CASTRO, 2002). As principais tecnologias aplicadas para produzir células e modelos fotovoltaicos são divididas em três gerações: a primeira, que é formada por silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), a segunda geração, popularmente conhecida por filmes finos, composta por silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) e telureto de cádmio (CdTe) e terceira, ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento, dividida em três cadeias: célula

fotovoltaica multijunção e célula fotovoltaica para concentração (CPV), células sensibilizadas por corante (DSSC) e células orgânicas ou poliméricas (OPV). (GARDINO; PINHO, 2014).

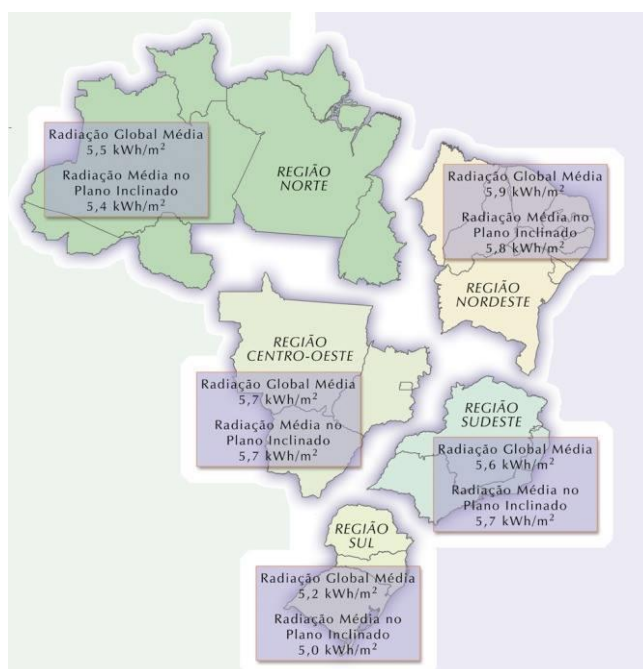


Figura 1 - Potencial anual médio de energia solar em cada uma das cinco regiões brasileiras.
Fonte: Pereira et al., 2006.

Este sistema possui normativa que determina suas simbologias, terminologias e unidades de grandezas solarimétricas padronizadas no Brasil, onde a definição de radiação solar utilizada neste sistema é estabelecido por esta norma de energia solar fotovoltaica-terminologia. (ABNT, 2013).

A Figura 2 exemplifica o sistema, onde os painéis podem ser aplicados a qualquer edificação tendo orientação solar favorável.

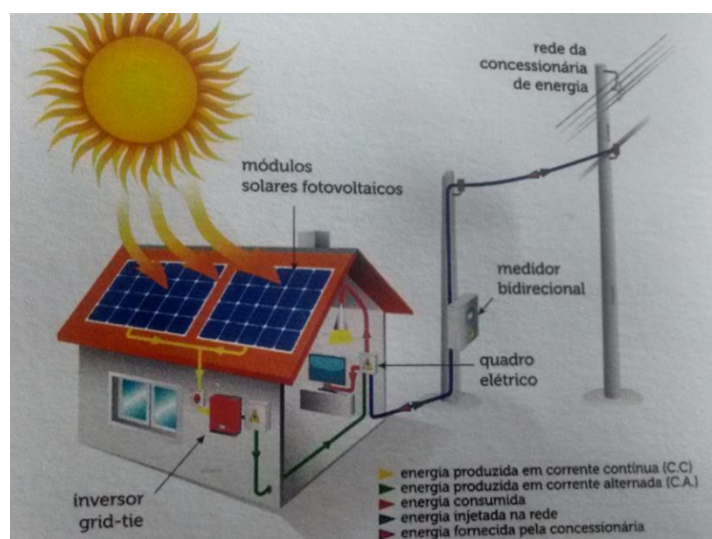


Figura 2 - Configuração de um sistema fotovoltaico
Fonte: Folder institucional Moran Projetos (2017)

Segundo Melo (2014) a energia fotovoltaica é uma matriz energética alternativa que ganhou destaque nos anos de 2011 e 2012 no âmbito Nacional e Internacional e atualmente os sistemas fotovoltaicos são conectados à rede elétrica pública.

A ANEEL para melhor explorar a potência de geração de energia elétrica no Brasil, possibilitou o acoplamento de fontes alternativas a rede elétrica constituída por condições gerais para acesso de microgeração e minigeração dos sistemas de distribuição de energia elétrica. (ANEEL, 2012).

De acordo com Ruther (2004a) este sistema tem sido eficiente na captação de energia, tornando-o um método que pode ser aplicado em edificações residenciais, comerciais e industriais, que terão um melhor aproveitamento efetuando a captação de radiação solar. Além disso, sistemas solares fotovoltaicos aliados à indústria da construção civil podem ser funcionais tanto para gerar eletricidade, como sendo elemento arquitetônico na cobertura de telhados, paredes, fachadas ou janelas. (RUTHER, 2004b).

Neste contexto, este artigo tem como objetivo analisar o uso de energia fotovoltaica em uma edificação na cidade de Sarandi – PR, como forma de equilibrar as necessidades ambientais e da construção civil de forma funcional e viável. Contribuindo para tornar as edificações mais sustentáveis, atendendo as necessidades da obra e do ambiente de forma viável e eficaz, como forma de comprovar a eficácia da utilização de um sistema alternativo, estimando o tempo de retorno de forma que o mesmo obtenha êxito em suas aplicações, possibilitando ainda um impacto ambiental menor que o convencional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Durante todo período desta pesquisa foram realizados levantamentos bibliográficos a partir de consultas em livros, artigos, fichas técnicas, manuais e publicações sobre o tema. Em seguida foram realizadas coletas de dados do empreendimento adotado para esse trabalho. Na sequência, foram efetuadas análises dos dados da demanda energética e eficiência do sistema instalado. Dessa forma, para uma melhor compreensão das técnicas utilizadas na metodologia deste trabalho a mesma, foi dividida em seis etapas.

2.1 Primeira etapa: Materiais e equipamentos Utilizados no sistema fotovoltaico

Realizou-se a primeira etapa deste trabalho através de informações fornecidas pelo proprietário do sistema. Etapa que acontece por meio do website, contendo ficha técnica em que monitora a produção, consumo, a potência atual que é a utilizada, balanço energético, rendimento e economia de CO₂ do sistema escolhido para o estudo de caso, no qual, servirá de base para as etapas a seguir.

2.2 Segunda etapa: diminuição da produção em porcentagem em relação ao verão/ inverno

Foi considerado o período de verão de: 21 dezembro de 2016 até 20 março de 2017 e de inverno: 20 junho de 2016 até 22 setembro de 2016. Assim fazendo uma média do inverno e do verão por meio do valor da produção diária em (kwh) dividido pela quantidade de dias da estação, resultando na produção média de cada estação (kwh/dia). Onde a partir disto para obtermos a porcentagem em que nos revela a diminuição da produção entre as estações de verão/inverno utilizou-se a equação de variação percentual, que é usada para descrever a relação entre um valor ou quantidade anterior e um valor ou quantidade posterior, no qual:

(1)

$$P = \frac{(V_2 - V_1)}{(V_1 \times 100)}$$

Onde:

P: Porcentagem (%)

V₂: Produção média do verão

V₁: Produção média do inverno

2.3 Terceira etapa: Geração anual de energia considerando a perda de rendimento dos módulos

A energia média anual produzida do sistema fotovoltaico em questão foi encontrada por uma média a partir da soma da produção de energia de cada mês (maio, abril, junho, julho, agosto, setembro outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março abril) e dividido pela quantidade de meses, obtendo assim a produção média anual. Já para calcular a perda de rendimento dos módulos aplica-se uma regra de três, no qual, a energia média anual gerada está para 100%, assim como a geração anual de energia considerando a perda de rendimento dos painéis (incógnita) está para 99,38% que é o rendimento do painel no primeiro ano. A partir disto calculou-se geração acumulada de energia a partir da somatória dos valores de geração anual de energia considerando a perda do rendimento dos painéis ano:

(2)

$$G_{aep} = \frac{(G_{ma} \times R_p)}{100}$$

Onde:

G_{ma} = geração média anual, em MWh/ano;

G_{aep} = geração anual de energia considerando a perda de rendimento dos painéis, em MWh/ano;

R_p = rendimento dos painéis, em porcentagem.

2.3 Quarta etapa: Economia gerada por ano (acumulada)

O valor da economia gerada por ano (acumulada) foi feita a partir da equação a baixo:

$$Ea = Eap + Egap \quad (3)$$

$$Ega = Gaepr \times kwh \quad (4)$$

Onde:

Ea = economia acumulada, em reais;

Eap= economia acumulada no período anterior, em reais;

Ega= economia gerada por ano no período, em reais.

Gaepr = geração anual de energia considerando perda de rendimento dos painéis, em kWh/ano;

kWh = custo do kWh sem impostos, em reais.

2.5 Quinta Etapa: **Payback descontado**

Foi obtido os valores de *payback* soma-se o *payback* descontado do período anterior com a economia gerada por ano, no período.

$$Payback\ descontado = PDa + Egap \quad (5)$$

Onde:

PDa= *payback* descontado no período anterior, em reais;

Egap = economia gerada por ano no período, em reais;

2.6 Sexta etapa: **redução na emissão de CO2 anual**

O valor da redução de CO₂ (dióxido de carbono) anual gerada pelo sistema estudado é obtido por meio da energia gerada vezes o fator de prevenção de CO₂, baseado no fator médio anual do ministério da ciência e tecnologia, MCT (MINISTÉRIO, 2017).

$$Redu\c{c}o\~{a}\ de\ CO2 = Electricidade\ produzida \times Factor \quad (6)$$

Onde:

Electricidade produzida= energia produzida anual em MWh

Factor= para a prevenção de CO₂ em t/MWh

Os dados foram obtidos de forma rápida e prática, por meio de planilha eletrônica do software EXCEL e representados em forma de quadro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas diversas etapas são informados a seguir.

3.1 Primeira etapa: **Materiais e equipamentos utilizados no sistema fotovoltaico**

Neste sistema foram utilizados 252 módulos fotovoltaicos policristalinos, 6 polegadas interligados em série, obtendo a eletricidade através de cabos elétricos com seção nominal de 6 mm², sendo para corrente contínua para uso em instalações fotovoltaicas. Outro cabo que leva energia do inversor para a rede receptora, no qual, já foi convertida de corrente contínua, para corrente alternada. Este cabo de corrente contínua é responsável pela ligação entre a caixa de junção existente na parte traseira do módulo e o inversor. Já o cabo de corrente alternada faz a conexão entre o inversor e a rede receptora, dentre os dois tipos foram necessários à utilização de 2000 metros de cabos, a conexão entre os cabos é feita por 30 conectores T4 (IEC/UL). Para transformação de CC em CA, utilizou-se três inversores (Fronius Symo 17.5-3-M) com 17,5kW cada. A proteção do sistema foi feita através de (03 string box protetor de surto abb 1slm300101a0790 quadro 01 ou 02 entradas/1 saída 1tr 25a 1000v)-dps (Quadro 1).

Quadro 1 – Dados de rendimento dos módulos, geração acumulada de energia, economia acumulada e *payback* descontado, anualmente em seu período de vida útil

Ano	Rendimento dos módulos (%)	Geração acumulada de energia (MWh)	Economia acumulada(R\$)	<i>Payback</i> descontado (R\$)
				- 300.000,00
1	99,38	82,43	56.794,27	- 243.205,73
2	98,76	163,84	116.247,66	- 183.752,34
3	98,13	161,29	178.092,87	- 121.907,13
4	97,51	157,79	242.018,57	- 57.981,43
5	96,89	153,38	307.673,48	7.673,48
6	96,27	148,14	374.671,72	74.671,72
7	95,65	142,16	442.599,27	142.599,27
8	95,03	135,55	511.021,37	211.021,37
9	94,40	128,39	579.490,72	279.490,72
10	93,78	120,82	647.556,16	347.556,16
11	93,16	112,95	714.771,52	414.771,52
12	92,54	104,88	780.704,46	480.704,46
13	91,92	96,75	844.944,98	544.944,98
14	91,30	88,64	907.113,16	607.113,16

15	90,67	80,66	966.866,17	666.866,17
16	90,05	72,90	1.023.904,09	723.904,09
17	89,43	65,43	1.077.974,39	777.974,39
18	88,81	58,33	1.128.875,16	828.875,16
19	88,19	51,63	1.176.456,77	876.456,77
20	87,57	45,38	1.220.622,09	920.622,09
21	86,94	39,61	1.261.325,35	961.325,35
22	86,32	34,32	1.298.569,73	998.569,73
23	85,70	29,53	1.332.403,70	1.032.403,70
24	85,08	25,22	1.362.916,58	1.062.916,58
25	84,46	21,39	1.390.233,30	1.090.233,30

Fonte: A autora

3.2 Segunda etapa: diminuição da produção em porcentagem em relação ao verão/ inverno

A partir dos dados analisados para esta etapa foi identificado que o sistema fotovoltaico em estudo tenha uma diminuição 28,62 % de sua produção do verão para do inverno.

3.3 Terceira etapa: Geração anual de energia considerando a perda de rendimento dos módulos

Na análise do primeiro ano de produção de energia constatou-se uma produção média de 6,87 MWh (Megawatt-hora). E identificou-se que durante a vida útil do produto ocorreu uma perda de 0,6% do seu rendimento ao ano.

3.4 Quarta etapa: Economia gerada por ano (acumulada)

Nesta etapa verificou-se que durante a vida útil do sistema pode-se ter uma economia gerada de R\$ 1390233,30 no prazo de 25 anos.

3.5 Quinta Etapa: *Payback*

Nesta etapa o investimento para que implantasse o sistema fotovoltaico foi de R\$ 300.000,00, valor solicitado pela empresa que realizou o projeto e instalou o sistema com uma estimativa de que o sistema se pagasse no final de 5 anos de produção de energia. No entanto, com os cálculos realizados, nesta pesquisa constatou-se que o sistema se paga na metade do quinto ano de produção de energia. Logo em seis anos de geração de energia já se obteve um

lucro de R\$ 74.671,72.

3.6 Sexta etapa: redução na emissão de CO₂ anual

Esta etapa ao utilizar o Factor médio anual de 0,0817 tCO₂/MWh no ano de 2016, permitiu a constatação que no primeiro ano de uso do sistema fotovoltaico implantado deixou-se de emitir 6,75 tCO₂ no meio ambiente.

4 CONCLUSÃO

Por meio desta pesquisa se constatou que por mais que há uma diminuição da produção de energia entre o verão e o inverno, o sistema fotovoltaico se paga antes do previsto mostrando que o sistema é economicamente viável. Com a instalação deste sistema, até o fim de sua vida útil tem-se um valor de economia de 72%, mesmo considerando a perda do rendimento dos módulos ao longo dos anos.

Além disto, o sistema fotovoltaico tende a diminuir os impactos ambientais provocados pela produção de energia, deixando de emitir nos seus 25 anos de vida útil cerca de 170 toneladas de dióxido de carbono.

No entanto a tecnologia fotovoltaica apesar de ser viável por este estudo de caso, deve ser aprimorada para que se torne mais acessível em questões financeiras podendo assim ganhar maior número de instalações no país, por ser um sistema de grandes benefícios ambientais que utiliza fonte renovável e gratuita.

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho somente tornou-se possível com a colaboração e incentivo de diversas pessoas. Por este motivo gostaria de expressar minha gratidão para aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que esse sonho se tornasse realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Minha gratidão, em primeiro lugar a Deus por estar comigo em todos os momentos, a minha família especialmente a minha mãe Sheila Santos ao meu pai Adelino Natanael Debossan, pela sólida formação pessoal dada até hoje, os meus eternos agradecimentos.

Ao professor Edenir Carvelli meu orientador, pelo incentivo e orientação que me foram concedidos durante essa jornada. Aos colegas e professores do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ingá - UNINGÁ, por tudo o que com eles aprendi e aos meus amigos e familiares por compartilharem momentos de alegrias e angústias no decorrer do curso. A empresa Moran Projetos do setor de Sistema fotovoltaico de Maringá, pelo apoio e fornecimento de dados. A todos muito obrigada.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10899:2013** – Energia Solar Fotovoltaica- Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR ISO 50001:2011** – Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. Ministério Da Ciência E Tecnologia. **Fator Médio Mensal (tCO₂/MWh)**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html>> Acesso em: 26 jun. 2017.

ANEEL. **Resolução normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em: 21 maio 2017.

ARAUJO, A. F. de. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil**. Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84192>> Acesso em: 19 fev. 2017.

CASTRO, R. M. G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada: introdução à energia fotovoltaica**. Lisboa, 2002. Disponível em: <http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf> Acesso em: 19 fev. 2017.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Sustentabilidde%20na%20Constru%E7%E3o%20CivilL.pdf>> Acesso em: 19 fev. 2017.

FREITAS, C. M. de. **Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais**. Ciência Saúde coletiva. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v8n1/a11v08n1.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2016.

GARDINO, M. A.; PINHO, T. J. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2014.

MELO, F. C. **Projeto de análise de desempenho de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de baixa tensão em conformidade com a resolução normativa 482 da ANEEL**. Uberlândia, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14560/1/ProjetoAnaliseDesempenho.pdf>> Acesso em: 19 fev. 2017.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. [S.l.]: INPE, 2006.

RÜTHER, R. Pré-dimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo de caso do edifício-sede do CREA-SC. In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. 10, 2004a, São Paulo. **Encontro**

Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em:

<<http://www.lab>

[eee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pre_dimensionamento.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pre_dimensionamento.pdf)> Acesso em 18 out. 2016.

_____. **Edifícios solares fotovoltaicos:** o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis: LABSOLAR, 2004b.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. A temática ambiental e o ensino de Física na Escola Média: algumas possibilidades de desenvolver uma produção de energia elétrica em larga escala em uma situação de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 24, n. 3, set. 2002. Disponível em: <http://new.sbpe.rg.br/wpcontent/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v14n01/v14n01a1.pdf>. Acesso em: 15 out. 2016.

SOUSA, W. L. de. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas:** uma Análise Comparativa de duas abordagens. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/wlemgruber.pdf?hc_location=ufi> Acesso em: 18 out. 2016.

STACHERA JÚNIOR, T. Avaliação de emissões de CO₂ na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 28., 2008, Rio de Janeiro. **A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável.** Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30508131/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1487564403&Signature=kVABshoqBeOjpRN7lvMAT6R30%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAvaliacao_de_emissoes_de_CO2_na_construc.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2017.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de Edificações residenciais brasileiras.** Florianópolis, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89528>> Acesso em: 19 fev. 2017.

VECCHIA, R. **Impactos provocados por usinas hidrelétricas.** 2012. Disponível em: <<http://www.artigos.com/artigos/11065-impactos-provocados-por-usinas-hidreletricas/imprimir?tmpl=component>>. Acesso em: 19 out. 2016.

VICENTE, A. C. V.; CARLUCCI, B. V. Gerenciamento de sustentabilidade do projeto: uma nova área do conhecimento para o Construction Extension To The Pmbok® Guide por meio dessa metodologia com a norma LEEDI-NC. In: ARBACHE, A. P. (Org.). **Projetos Sustentáveis Estudos e Práticas Brasileiras.** São Paulo: Editorama, 2010.

VILALVA, M. G. **Energia solar fotovoltaica:** conceitos e aplicações. 2. ed. São

Paulo: Érica, 2015.