

# USO DOS TALUDES DO ATERRO SANITÁRIO DO CIRSURES PARA INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS: UMA ANÁLISE PRÉVIA DOS PARÂMETROS INICIAIS A SEREM AVALIADOS

Vitor De Brida – vitor\_brida@hotmail.com

Fernando Soares dos Reis – f.dosreis@gmail.com

Aline Cristiane Pan – aline.pan@puccrs.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Física e Faculdade de Engenharia

**Resumo.** Devido ao constante aumento no consumo de energia elétrica, as fontes renováveis tornaram-se especialmente atrativas. Uma das fontes alternativas de energia que apresenta elevado crescimento no mercado atual é a energia solar fotovoltaica. A partir disso, a demanda por áreas para a implantação dos painéis fotovoltaicos tornara-se cada vez mais procuradas. Os aterros sanitários, após o seu fechamento, são considerados como locais com elevado potencial para a produção solar, por conta de sua localização geográfica e sua estrutura em forma escalonada, que possibilita uma grande demanda de radiação solar. O presente estudo buscou analisar os parâmetros iniciais que deverão ser avaliados para a instalação de painéis fotovoltaicos na área do aterro sanitário do Cirsures, localizado no município de Urussanga, Santa Catarina. A concepção do estudo foi diretamente ligada a análise dos taludes do aterro sanitário, sua estabilidade sólida e elétrica, incidência solar e sombreamento. A metodologia proposta para o estudo foi obtida através de imagens fotográficas retiradas in loco e de cálculos com base em dados característicos da área. Sendo assim, foi possível concluir que os taludes já consolidados no aterro sanitário do Cirsures, localizado no município de Urussanga, Santa Catarina, atendem aos parâmetros analisados para a futura implantação de painéis fotovoltaicos sobre os mesmos. Os taludes encontram-se desprovidos de objetos que possam influenciar na montagem e eficiência dos painéis fotovoltaicos, além de apresentarem estabilidade acima do mínimo necessário para o seu fator de segurança. A área apresenta uma demanda grande de incidência solar por conta da estrutura escalonada do aterro sanitário, já a emissão de radiação solar apresenta altos índices entre os meses de novembro a fevereiro, levando a máxima eficiência de geração de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Painéis Solares Fotovoltaicos, Aterro Sanitário, Taludes

## 1. INTRODUÇÃO

Os desenvolvimentos das estratégias para a produção de energia, através de fontes renováveis, dependem de uma visão futura a respeito das condições climáticas que serão afetadas (WANG *et al.*, 2014). Dentre essas estratégias que buscam mitigar as alterações climáticas, relacionamos a alteração das fontes de combustíveis fósseis, incentivo ao uso de fontes renováveis de energia e a utilização de aparelhos energeticamente eficientes, que reduzem o consumo de energia elétrica (ABDULLAH; AGALGAONKAR; MUTTAQI, 2014).

Atualmente, o uso das fontes de energias renováveis vem apresentando um grande crescimento na cadeia elétrica mundial, alavancado principalmente pelas melhorias tecnológicas que proporcionaram a redução dos custos de produção dos painéis fotovoltaicos, juntamente com incentivo das políticas governamentais de apoio as fontes de energia renováveis (CUCCHIELLA; D'ADAMO; ROSA, 2015).

Dentre as fontes alternativas de energia, a energia solar é a fonte renovável mais abundante da Terra, o que leva a indústria fotovoltaica a apresentar um grande crescimento em termos de sustentabilidade na questão energética. Resultado da redução de custos das células fotovoltaicas e da capacidade de ligação com a rede, apresentando uma evolução na geração de energia (CYRS *et al.*, 2014), (HERRERA; SÁNCHEZ; BAÑUELOS, 2014), (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2014). O crescente desenvolvimento do mercado da fotovoltaica teve início na década de 1980 com a aplicação dos sistemas fotovoltaicos multi-megawatt para a produção de energia. O mercado atual de fotovoltaica possui uma taxa de crescimento elevado, entre 30 a 40 %. O uso da energia solar fotovoltaica já é considerado popular em países como Estados Unidos, Alemanha e Japão. Suas aplicações no mercado mundial estão ligadas diretamente aos sistemas industriais remotos, países em desenvolvimento e os sistemas conectados a rede. As aplicações rurais são as que mais apresentam crescimento no mercado fotovoltaico, já a segunda maior é o setor das indústrias (KOVA *et al.*, 2011), (MAKRIDESIA *et al.*, 2010).

Levando em consideração o crescimento populacional e dos novos padrões de consumo da atualidade, as consequências finais referentes a essa questão, fica por conta das grandes quantidades de resíduos sólidos urbanos gerados, que são descartados normalmente em aterros sanitários, por serem considerados um processo simples e com baixo custo (FERNANDES; PACHECO; LOPES, 2015). Após o fechamento dos aterros sanitários, os mesmos necessitam de um monitoramento preventivo por alguns anos. Esse monitoramento faz-se necessário visando evitar a

formação e desenvolvimento de processos de degradação nos aterros, pois após o encerramento das atividades dos aterros sanitários, os mesmos continuam a apresentar recalques horizontais e verticais, além da contínua geração de lixiviados e gases, por conta das reações químicas dos materiais orgânicos que os constituem. Já nos taludes dos aterros sanitários, o monitoramento visa monitorar a instabilidade dos mesmos, causados pela liquidação dos resíduos sólidos durante os primeiros cinco anos após a consolidação dos taludes (LANGE *et. al.*, 2008).

Com a incorporação e viabilização da energia solar fotovoltaica no Brasil, se estabeleceu um desafio a fim de encontrar locais adequados para a captação desta energia. Os aterros sanitários, com suas atividades finalizadas, são considerados locais com potenciais viáveis para a instalação de painéis solares fotovoltaicos devido a sua localização geográfica (TANSEL; KUMAR VARALA; LONDONO, 2013) e sua estrutura em forma escalonada. A quantidade de irradiação solar recebida pela superfície do aterro dependerá da orientação de superfície do talude, além de sua localização geográfica (TANSEL; KUMAR VARALA; LONDONO, 2013).

O presente estudo tem por objetivo realizar uma análise dos parâmetros iniciais que deverão ser avaliados para a viabilidade futura na utilização de taludes consolidados de um aterro sanitário localizado no município de Urussanga, Estado de Santa Catarina, visando a instalação de painéis fotovoltaicos. Nesta análise serão considerados os seguintes parâmetros: localização geográfica, incidência solar, sombreamento, e estabilidade sólida e elétrica dos taludes, visando proporcionar um uso futuro mais eficiente para o aterro sanitário após o seu fechamento.

## 2. TALUDES DE ATERRO SANITÁRIO

### 2.1 Localização Geográfica, Incidência Solar e Sombreamento nos Taludes

Conforme a NBR 13.896/1997, os aterros sanitários, logo após seu fechamento necessitam de um monitoramento preventivo por alguns anos, com o objetivo de minimizar ou evitar a liberação de líquidos e/ou gases para os recursos hídricos ou para a atmosfera. No caso dos taludes, o monitoramento faz-se necessário em vista à possível instabilidade dos mesmos por conta da liquidação dos resíduos sólidos, ocasionados durante os primeiros cinco anos após a consolidação dos taludes (LANGE *et. al.*, 2008).

É imprescindível realizar uma análise inicial da área que será utilizada, para promover uma preparação do local onde serão instalados os painéis solares fotovoltaicos. Além do monitoramento, é necessária a realização da limpeza do local, ou seja, remover objetos que venha a causar interferência na instalação e operação dos painéis (TANSEL; KUMAR VARALA; LONDONO, 2013).

Outros parâmetros a serem analisados e considerados, são a incidência solar no local onde será instalado os painéis e o sombreamento ao longo da trajetória do sol, visto que a estrutura escalonada do aterro sanitário tende a formar sombras em parte dos taludes durante o dia. Através da realização de imagens fotográficas do aterro sanitário de Cirsures, município de Urussanga, Santa Catarina, foi possível verificar a situação atual encontrada na área de estudo, com detalhe para os taludes já consolidados do aterro sanitário que estão posicionados para o sentido norte, conforme apresentado na Fig. 1 e Fig. 2.



Figura 1 – Área que apresenta maior tempo de incidência solar no aterro sanitário do Cirsures por conta do posicionamento dos taludes para o sentido norte, onde estará apto a instalar os painéis solares fotovoltaicos.



Figura 2 – Visão lateral da área de estudo, com foco principal nos taludes do aterro sanitário do Cirsures.

Utilizando como base a imagem fotográfica da Fig. 1, foi realizado através do *software AutoCAD* uma projeção futura do aterro sanitário logo após seu fechamento. Esta projeção foi realizada através da metodologia de aterramento para a formação dos taludes, considerando principalmente a área onde haverá maior incidência solar no aterro, por conta do posicionamento dos taludes ao sentido norte, conforme apresentado na Fig. 3.

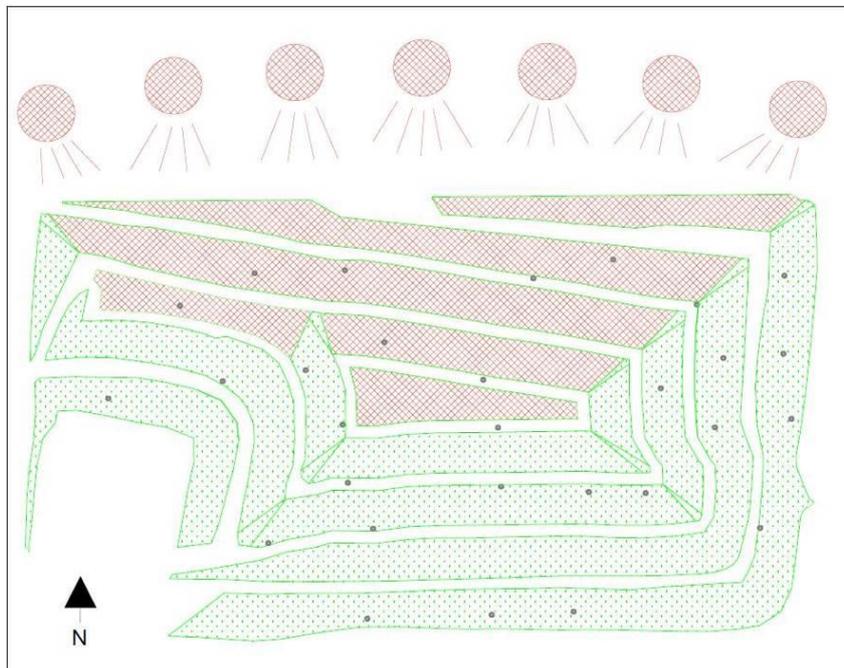


Figura 3 – Projeção futura do aterro sanitário do Cirsures logo após seu fechamento, considerando a área com maior de incidência solar (sentido norte), utilizando o *software AutoCAD*.

## 2.2 Estabilidade sólida dos taludes

Um fator importante que deve ser tratado na concepção de um projeto de instalação de painéis solares fotovoltaicos em taludes consolidados de aterros sanitários é o estudo da estabilidade dos mesmos, visando avaliar a segurança, resistência e viabilidade dos mesmos. Estes estudos objetivam verificar se a geometria dos taludes do aterro sanitário atende ao fator de segurança (*FS*), especificados pela NBR 11862/2009, referente a estabilidade de encostas (CORONA ENGENHARIA LTDA.).

O fator de segurança a ser adotado pelo projeto deverá levar em consideração o grau de segurança quanto a perdas materiais, ambientais e de vidas humanas. Exigindo um grau de segurança  $FS \geq 1,5$  (NBR 11682, 2009). Esse grau de segurança está relacionado com a capacidade de suporte dos taludes, a fim de não causar afundamento ou fissuras, por conta do peso dos painéis solares fotovoltaicos conforme exemplificado na Fig. 4. O que poderá acarretar na ineficiência da captação dos raios solares, por conta da alteração do seu ângulo de inclinação.

De acordo com a Corona Engenharia Ltda., empresa que realizou o estudo de estabilidade no aterro sanitário do Cirsures, o método utilizado na realização do estudo de estabilidade, para a determinação do fator de segurança mínimo ( $FS_{min}$ ) foi através da equação de Bishop, fundamentado na teoria do equilíbrio limite. Os resultados deste estudo apontam que os taludes do aterro sanitário apresentam um fator de segurança mínimo entre 2,643 e 2,641, ou seja, os taludes encontram-se seguros quanto a rupturas, assegurando assim a viabilidade na implantação dos painéis solares fotovoltaicos, sem correr o risco de possíveis afundamentos ou fissuras dos taludes. A determinação deste fator de segurança realizada pela empresa, baseou-se em: geometria do aterro, parâmetros geotécnicos dos materiais que constituem o aterro e o solo de fundação e lençol freático na posição normal.

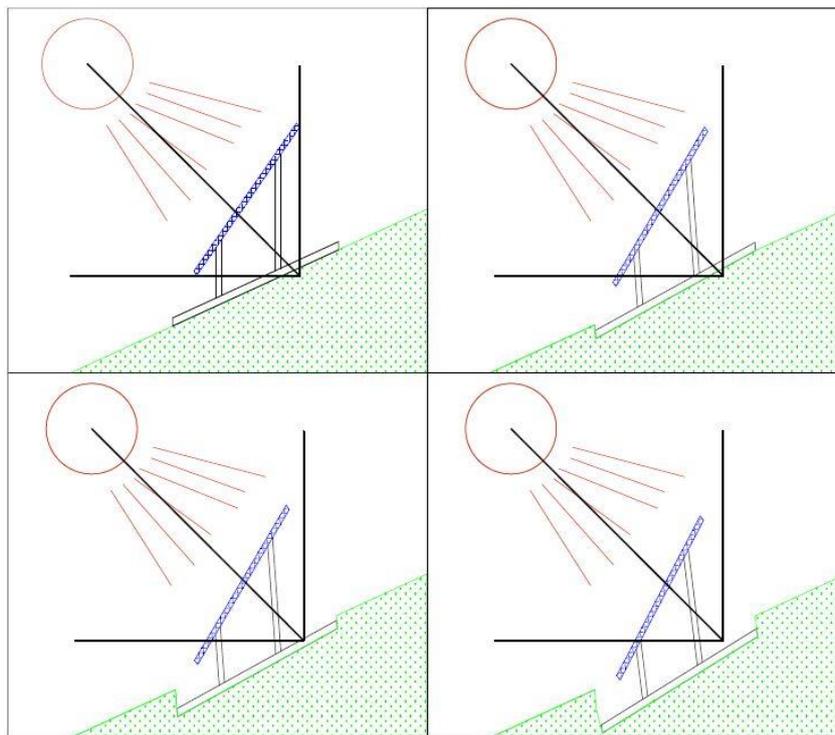


Figura 4 – Esquemática da alteração do ângulo de inclinação dos painéis fotovoltaicos devido a instabilidade do talude.

### 2.3 Estabilidade elétrica dos taludes

Um ponto importante a ser levado em consideração na Fig. 4 apresentada, é a possibilidade de vazamento de gás metano por conta do afundamento dos painéis solares fotovoltaicos, levando a estrutura a entrar em contato com a camada de resíduos sólidos ali dispostos. O que poderá ocasionar conseqüentemente possíveis focos de incêndios por conta da inflamabilidade do gás metano emitidos, caso haja faíscas no sistema solar fotovoltaico. Segundo Penteadó *et al.* (2012), a coleta do biogás é considerada obrigatória por conta da energia que o biogás possui e pelo seu perigo de explosão devido à potencialidade do gás metano.

Para isso, é necessário ter em vista a realização do monitoramento interno dos taludes já consolidados, visando verificar se o mesmo apresenta emissões internas de gás metano, pois conforme citado anteriormente, os taludes continuam a emitir líquidos e gases nos primeiros cinco anos após a consolidação dos mesmos.

## 3. ENERGIA FOTOVOLTAICA

A radiação solar que atinge a superfície da Terra é cerca de 1 quilowatt por metro quadrado ( $kW/m^2$ ) em condições claras, ou seja, quando o sol estiver próximo ao zênite. Esta radiação é provida de dois componentes: radiação direta, vinda diretamente do Sol, e radiação difusa, que vem dispersada em forma indireta pela atmosfera. A radiação solar é um parâmetro importante para vida no Planeta, além de ser um recurso natural renovável em abundância (PARK; DAS; PARK, 2015) (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012). Para o cálculo da intensidade de radiação em

superfícies inclinadas é necessária uma variada cadeia de operações aritméticas e de modelos de distribuição temporal e espacial da radiação solar.

O Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS desenvolveu um *software* (*Radiasol 2*) capaz de realizar estes cálculos de forma rápida e direta. O *Radiasol 2* utiliza internamente modelos matemáticos disponíveis na literatura, desenvolvidos por outros autores e/ou por integrantes do Laboratório de Energia Solar. No *software*, os cálculos são realizados através de rotinas que buscam determinar o efeito da inclinação da superfície receptora e da anisotropia da radiação solar em suas componentes direta e difusa. Os modelos de distribuição da radiação serão obtidos imediatamente através de gráficos ou tabelas.

Os dados de entrada utilizados no *software* para a realização dos cálculos são baseados em dados reais de climatologia do município de interesse para o projeto, como apresentado na Tab. 1, referente aos dados climatológicos do município de Urussanga, Santa Catarina. Obtidos através do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM, 2015).

Tabela 1 – Dados climatológicos médios do município de Urussanga, Santa Catarina, utilizados no *software Radiasol 2*. Período de 1961 a 1990 (CIRAM, 2015).

MÊS	TEMPERATURA MÉDIA	TEMPERATURA MÁXIMA	TEMPERATURA MÍNIMA	PRECIPITAÇÃO TOTAL	UMIDADE RELATIVA	INSOLAÇÃO MÉDIA
Jan.	23,9 °C	30,7 °C	18,6 °C	188 mm	78 %	5,6 h/dia
Fev.	24,1 °C	30,7 °C	18,9 °C	211 mm	80 %	5,9 h/dia
Mar.	22,8 °C	29,4 °C	17,7 °C	170 mm	81 %	5,6 h/dia
Abr.	20,0 °C	26,9 °C	14,7 °C	99 mm	81 %	4,8 h/dia
Mai.	16,8 °C	24,9 °C	11,4 °C	92 mm	82 %	4,8 h/dia
Jun.	14,6 °C	22,5 °C	9,2 °C	82 mm	83 %	4,5 h/dia
Jul.	14,7 °C	22,6 °C	9,1 °C	106 mm	82 %	4,8 h/dia
Ago.	15,8 °C	23,0 °C	10,1 °C	127 mm	80 %	4,4 h/dia
Set.	17,1 °C	24,0 °C	11,9 °C	129 mm	79 %	4,7 h/dia
Out.	19,2 °C	25,7 °C	13,6 °C	133 mm	77 %	5,7 h/dia
Nov.	21,1 °C	28,0 °C	15,6 °C	128 mm	77 %	5,7 h/dia
Dez.	22,8 °C	29,6 °C	17,3 °C	159 mm	76 %	5,4 h/dia

O dado principal de entrada do *software* para a realização dos cálculos é o da radiação solar global. Como o município de Urussanga não apresenta dados para a radiação solar global foi necessário a realização do cálculo de balanço de radiação, através de outros elementos meteorológicos conforme é apresentado na Tab. 2.

Tabela 2 – Dados mensais utilizados na Eq. (1), referentes ao número diário de brilho do sol e radiação no topo da atmosfera para o município de Urussanga, Santa Catarina (BISCARO, 2007).

MÊS	NÚMERO DIÁRIO DE BRILHO DO SOL ( $N$ )	RADIAÇÃO NO TOPO DA ATMOSFERA ( $Q_o$ )	MÊS	NÚMERO DIÁRIO DE BRILHO DO SOL ( $N$ )	RADIAÇÃO NO TOPO DA ATMOSFERA ( $Q_o$ )
Jan.	13,7	12,1 kW/m <sup>2</sup> .dia	Jul.	10,6	5,9 kW/m <sup>2</sup> .dia
Fev.	13,0	11,3 kW/m <sup>2</sup> .dia	Ago.	11,1	7,2 kW/m <sup>2</sup> .dia
Mar.	12,3	19,8 kW/m <sup>2</sup> .dia	Set.	11,9	8,9 kW/m <sup>2</sup> .dia
Abr.	11,4	7,9 kW/m <sup>2</sup> .dia	Out.	12,8	10,6 kW/m <sup>2</sup> .dia
Mai.	10,7	6,4 kW/m <sup>2</sup> .dia	Nov.	13,5	11,8 kW/m <sup>2</sup> .dia
Jun.	10,4	5,6 kW/m <sup>2</sup> .dia	Dez.	13,9	12,3 kW/m <sup>2</sup> .dia

A estimativa da radiação solar global pode ser feita a partir da insolação diária, realizada pela Eq. (1) de Angstrom (VIANELLO e ALVES, 1991).

$$Q = Q_{ab} \frac{n}{N}$$

(1)

Onde,  $Q_g$ : é a radiação solar global (kW/m<sup>2</sup>.dia);  $Q_o$ : radiação solar no topo da atmosfera (kW/m<sup>2</sup>.dia);  $a$ : constante para Urussanga – SC = 0,25;  $b$ : constante para Urussanga – SC = 0,50;  $n$ : insolação média (h/dia);  $N$ : número diário possível de horas de brilho de sol. Vale ressaltar que, as constantes  $a$  e  $b$  foram obtidas através de contato com profissionais especializados na área de climatologia da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI.

Aplicando os resultados encontrados na Eq. (1) no *software Radasol 2*, foi encontrado os valores mensais para as radiações global horizontal, inclinada, direta e difusa, conforma apresentados na Fig. 5 e Tab. 3.

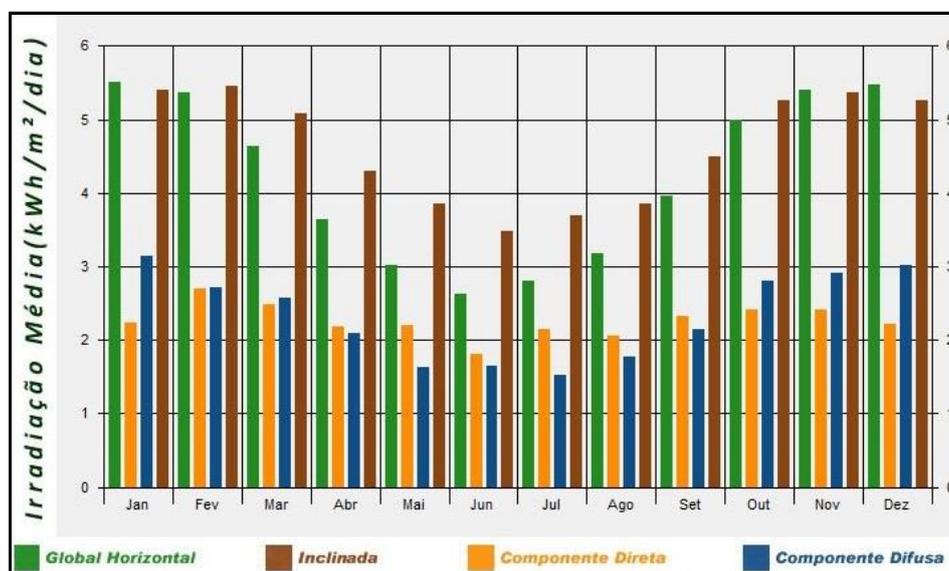


Figura 5 – Gráfico das radiações global horizontal, inclinada, direta e difusa para a área do aterro sanitário do Cirsures, encontradas a partir do *software Radasol 2*.

Tabela 3 – Resultados encontrados no *software Radasol 2* para as radiações global horizontal, direta, difusa e inclinada na área do aterro sanitário do Cirsures (*RADIASOL 2*).

MÊS	R. GLOBAL	R. DIRETA	R. DIFUSA	R. INCLINADA
Jan.	5,51 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,23 kW/m <sup>2</sup> .dia	3,14 kW/m <sup>2</sup> .dia	5,40 kW/m <sup>2</sup> .dia
Fev.	5,37 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,71 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,72 kW/m <sup>2</sup> .dia	5,46 kW/m <sup>2</sup> .dia
Mar.	4,64 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,48 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,57 kW/m <sup>2</sup> .dia	5,08 kW/m <sup>2</sup> .dia
Abr.	3,65 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,18 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,10 kW/m <sup>2</sup> .dia	4,30 kW/m <sup>2</sup> .dia
Mai.	3,01 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,20 kW/m <sup>2</sup> .dia	1,63 kW/m <sup>2</sup> .dia	3,85 kW/m <sup>2</sup> .dia
Jun.	2,62 kW/m <sup>2</sup> .dia	1,81 kW/m <sup>2</sup> .dia	1,65 kW/m <sup>2</sup> .dia	3,48 kW/m <sup>2</sup> .dia
Jul.	2,81 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,15 kW/m <sup>2</sup> .dia	1,53 kW/m <sup>2</sup> .dia	3,69 kW/m <sup>2</sup> .dia
Ago.	3,18 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,06 kW/m <sup>2</sup> .dia	1,92 kW/m <sup>2</sup> .dia	3,86 kW/m <sup>2</sup> .dia
Set.	3,96 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,33 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,14 kW/m <sup>2</sup> .dia	4,49 kW/m <sup>2</sup> .dia
Out.	5,00 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,42 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,81 kW/m <sup>2</sup> .dia	5,25 kW/m <sup>2</sup> .dia
Nov.	5,41 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,42 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,92 kW/m <sup>2</sup> .dia	5,37 kW/m <sup>2</sup> .dia
Dez.	5,47 kW/m <sup>2</sup> .dia	2,23 kW/m <sup>2</sup> .dia	3,01 kW/m <sup>2</sup> .dia	5,27 kW/m <sup>2</sup> .dia

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As análises dos resultados realizados no aterro sanitário do Cirsures mostraram que o mesmo atende aos parâmetros avaliados, sendo necessário realizar o monitoramento da geração de gás metano nos taludes já consolidados do aterro sanitário. De acordo com a Fig. 1 e Fig. 3 é possível verificar que o aterro sanitário apresenta uma área

considerável de radiação solar ao longo do dia, o que favorece a eficiência na produção de energia elétrica. Já a Fig. 2 mostra que os taludes do aterro sanitário se encontram limpos, ou seja, não apresentam objetos que possam vir a interferir na instalação dos painéis fotovoltaicos e na sua produção de energia elétrica.

Os dados referentes à estabilidade dos taludes mostram segurança para a instalação dos painéis fotovoltaicos, sem que possa haver fissuras e afundamento, o que causaria uma alteração do ângulo de inclinação dos painéis e consequentemente a redução na eficiência de captação da radiação solar, conforme apresentado na Fig. 4. Já para a estabilidade elétrica dos taludes consolidados, faz-se necessário a realização de um monitoramento contínuo, visando verificar se os mesmos continuam a emitir gás metano. Evitando assim, possíveis focos de incêndio por conta de faíscas que possam surgir no sistema solar fotovoltaico.

Quanto a radiação solar emitida na área do aterro sanitário, visto através da Tab. 3, foi verificado que os altos índices de radiação solar global emitida estão entre os meses de novembro a fevereiro, situação característica da região onde se encontra o aterro sanitário. O que leva a produção de energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos a operarem com eficiência máxima. Já entre os meses de junho até agosto, os índices de radiação solar global encontram-se baixo, levando os painéis fotovoltaicos a operarem com menor eficiência. Porém, sabe-se que a maior demanda energética para esta Região, e de forma geral para o País, ocorre nos meses onde teremos a maior eficiência destes painéis (verão). Assim, a inserção destes painéis fotovoltaicos servirá como uma solução para suprir esta demanda e ajudará a manter a estabilidade da distribuição da rede elétrica.

No âmbito mundial, alguns aterros sanitários já adotaram ou estão estudando essa medida de instalação dos painéis solares fotovoltaicos em seus taludes já consolidados. Nos Estados Unidos há em operação uma planta fotovoltaica de 1,00 MW em Atlanta, no Estado da Geórgia. Já em Nova York, está sendo realizado a recuperação do aterro sanitário de Freshkills Park, onde será instalado uma usina solar fotovoltaica de 10 MW. Outros Estados americanos, como Massachusetts, New Jersey, Havaí e Colorado estão estudando adotar essas medidas de uso futuro para os seus aterros sanitários. Na Alemanha, o aterro sanitário de Bremen possui uma planta fotovoltaica de 0,84 MW e no Japão já estão sendo realizados estudos de incentivo para a energia fotovoltaica em aterros sanitários.

Comparando as localidades onde já estão operando usinas solares em aterros sanitários com o Sul de Santa Catarina, é visto que o município de Atlanta, Estados Unidos, possui índices idênticos de radiação solar, com média anual de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>.dia e a usina solar está em operação desde 2011 sem diminuir sua eficiência ou interferir na estabilidade do aterro sanitário. Já a localidade de Bremen, Alemanha, apresenta radiação solar média de 3,0 kWh/dia, índice inferior comparado com o Sul de Santa Catarina.

Para a concepção de um projeto de geração de energia solar fotovoltaica no aterro sanitário do Cirsures, sugere-se a instalação de painéis fotovoltaicos multicristalinos por conta do seu domínio atual no mercado mundial. Como o aterro sanitário está localizado ao Sul de Santa Catarina, a inclinação adotada para os painéis seria de 24° Norte, para uma maior captação de energia solar entre os meses de novembro a fevereiro. Quanto à transmissão da energia gerada pelos painéis solares fotovoltaicos para as redes de distribuição, não haveriam dificuldades, visto que o aterro sanitário localiza-se próximo às linhas de transmissão. A partir disto, é visto que o aterro sanitário do Cirsures não encontraria dificuldades para a implantação destes painéis.

## 5. CONCLUSÕES

Através deste trabalho, foi concluído que os taludes já consolidados no aterro sanitário do Cirsures, localizado no município de Urussanga, Santa Catarina, atendem aos parâmetros analisados para a futura implantação de painéis fotovoltaicos sobre os mesmos. Os taludes onde já houve a disposição dos resíduos e encontram-se consolidados, estão desprovidos de objetos que possam acarretar a interferência na instalação e eficiência dos painéis fotovoltaicos. Logo, a implantação de painéis fotovoltaicos em aterros sanitários pode ser considerada como uma excelente alternativa futura para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica. Visto que os aterros, na maioria dos casos, possuem áreas que não estão mais em operação e que já foram submetidos a todas as medidas apropriadas para o seu fechamento de forma segura, além de apresentarem áreas com grande incidência solar por conta da sua estrutura escalonada.

### *Agradecimentos*

Este trabalho foi realizado com o auxílio de dados e informações obtidos de profissionais atuantes no Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM). Da mesma forma pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Igualmente pelo Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos Urbanos da Região Sul (CIRSURES).

## REFERÊNCIAS

- Abdullah, M. A., Agalgaonkar, A. P., Muttaqi, K. M., 2014. Climate change mitigation with integration of renewable energy resources in the electricity grid of New South Wales, Australia, *Renewable Energy*, v. 66, pp. 305-313.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009. NBR 11682: Estabilidade de Taludes, ABNT.
- Biscaro, G. A., 2007. *Meteorologia Agrícola Básica*. UNIFRAF.

- Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, 2015. Normais Climatológicas de Urussanga, CIRAM.
- Corona Engenharia Ltda., 2014. Ampliação do Aterro Sanitário: Análise de Estabilidade do Aterro, Corona Engenharia Ltda.
- Cucchiella, F., D'Adamo, I. Rosa, P., 2015. End-of-Life of used photovoltaic modules: A financial analysis, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 47, pp. 552-561.
- Cyrs, W. D., *et. al.*, 2014. Landfill waste and recycling: Use of a screening-level risk assessment tool for end-of-life cadmium telluride (CdTe) thin-film photovoltaic (PV) panels, *Energy Policy*, v. 68, pp. 524-533.
- Fernandes, A., *et. al.*, 2015. Review on the electrochemical processes for the treatment of sanitary landfill leachates: Present and future. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 176-177, pp. 183-200.
- Herrera, C. M., Sánchez, F. H., Bañuelos, N. F., 2014. Practical method to estimate energy potential generated by photovoltaic cells: practice case at Merida City, *Energy Procedia*, v. 57, pp. 245-254.
- International Energy Agency. 2012 Technology Roadmap: Bioenergy for Heat and Power, OECD/IEA
- Kova, T. M. *et al.*, 2011. Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. *Solar Energy*, v. 85, pp. 1580–1608
- Lange, L. C., *et. al.*, 2008. Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento, ReCESA.
- Makridesa, G. *et al.*, 2010. Potential of photovoltaic systems in countries with high solar irradiation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, pp. 754–762.
- Park, J. K., Das, A, Park, J. H., 2015. A new approach to estimate the spatial distribution of solar radiation using topographic factor and sunshine duration in South Korea, *Energy Conversion and Management*, v. 101, pp. 30-39.
- Penteado, R., *et. al.*, 2012 Application of the IPCC model to a Brazilian landfill: First results, *Energy Policy*, v. 42, p. 551-556.
- Tansel, B., Kumar Varala, P., Londono, V., 2013. Solar energy harvesting at closed landfills: Energy yield and wind loads on solar panels on top and side slopes, *Sustainable Cities and Society*, v. 8, pp. 42-47.
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Laboratório de Energia Solar: Radiasol 2, UFRGS. Disponível em <<ftp://ftp.solar.ufrgs.br/progs/Radiazol2.zip>>.
- Vianello, R. L. Alves, A. R., 1991. *Meteorologia Básica e Aplicações*. Imprensa Universitária.
- Wang, B. *et. al.*, 2014. China's regional assessment of renewable energy vulnerability to climate change, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 40, pp. 185-195.

### **USE OF THE SLOPES OF THE SANITARY LANDFILL CIRSURES FOR INSTALLATION OF PHOTOVOLTAIC PANELS: A PRELIMINARY ANALYSIS OF INITIAL PARAMETERS TO BE EVALUATED**

**Abstract.** *Due to the constant increase in energy consumption, renewable sources have become especially attractive. One of the alternative sources of energy that presents a high growth in the current market is the photovoltaic solar energy. For this, the demand for areas for the implementation of photovoltaic panels had become increasingly sought after. Landfills, after its closure, are regarded as areas with high potential for solar production, because of its geographical location and its structure in staggered form, which enables a great demand for solar radiation. The present study investigates the initial parameters which should be assessed for the installation of photovoltaic panels in the area of the landfill of Cirsures, located in the municipality of Urussanga, Santa Catarina. The study conception was directly linked to analysis of the slopes of the landfill, its solid and electrical stability, sun incidence and shading. The proposed methodology for the study was obtained through photographic images taken on the spot and calculations based on characteristic data on the area. Thus, it was concluded that the slopes already consolidated sanitary landfill Cirsures, located in the municipality of Urussanga, Santa Catarina, meet the parameters analyzed for the future deployment of photovoltaic panels on them. The slopes are devoid of objects that can influence the assembly and efficiency of photovoltaic panels, in addition to presenting stability above the minimum required for your safety factor. The area has a great demand of sun incidence because of the staggered structure of the landfill, since the emission of solar radiation shows high rates between the months of November to February, leading to maximum efficiency of power generation.*