

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL SOLAR NO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS-RJ UTILIZANDO APRENDIZADO DE MÁQUINA

Edinaldo Vicente de Mello ¹; Gisele Dornelles Pires ²; Fabricio Polifke da Silva³

¹ Aluno do Programa de Iniciação Científica Graduação Engenharia Civil,² Professor Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu (UNIG) Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

³ Professor Meteorologia Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UFRJ)

Resumo – O monitoramento ambiental é um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, com o objetivo de identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo. As variáveis sociais, econômicas e institucionais também são incluídas neste tipo de estudo, já que exercem influências sobre o meio ambiente. O presente projeto tem como objetivo analisar os dados de radiação solar e a estimativa do seu potencial na cidade de Duque de Caxias, região da Baixada Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Para o presente projeto, estabeleceram-se os seguintes objetivos: Analisar os dados de radiação solar observados in situ e analisar os dados de radiação solar estimados pela reanálise ERA 5; avaliar métricas estatísticas entre as duas fontes de dados; aplicar técnicas de Aprendizado de Máquina no Município de Duque de Caxias no Estado do Rio de Janeiro/RJ

Palavras-chave: Era5, Radiação Solar, Aprendizado de Máquina.

Abstract - Abstract – Environmental monitoring is a process of data collection, study and continuous and systematic monitoring of environmental variables, with the objective of identifying and evaluating - qualitatively and quantitatively - the conditions of natural resources at a given time, as well as trends along the way. over time. Social, economic and institutional variables are also included in this type of study, as they influence the environment. The present project aims to analyze solar radiation data and estimate its potential in the city of Duque de Caxias, in the Baixada Fluminense region of the State of Rio de Janeiro. For the present project, the following objectives were established: To analyze the solar radiation data observed in situ and to analyze the solar radiation data estimated by the ERA 5 reanalysis; evaluate statistical metrics between the two data sources; apply Machine Learning techniques in the Municipality of Duque de Caxias in the State of Rio de Janeiro/RJ

Keywords: Era5, Solar Radiation, Machine Learning

1 Introdução

Em 1972 houve a primeira atitude mundial de conscientização sobre a importância do meio ambiente e seu uso controlado. A conferência das Nações Unidas aconteceu na capital da Suécia, Estocolmo, e ficou conhecida como a Conferência de Estocolmo, que teve como intuito promover o desenvolvimento sustentável, cujo, o objetivo é satisfazer as suas próprias necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Os países subdesenvolvidos não concordaram em reduzir as atividades industriais por ser sua base econômica, criando o “Desenvolvimento a qualquer custo” (ESTENDER & PITTA, 2008).

Após, em 1992, aconteceu à conferência das Nações Unidas do Rio de Janeiro, que ficou conhecida como Cúpula da Terra, onde os países admitiram a necessidade de adequar o desenvolvimento socioeconômico com a natureza, reconheceu o desenvolvimento sustentável e iniciaram atitudes para proteger o meio ambiente. Decidiram, então que os países em desenvolvimento receberiam apoio financeiro e tecnológico para se desenvolverem sustentavelmente. Assim minimizando os conflitos registrados na Conferência de Estocolmo (SENADO, 2020).

A preservação do meio ambiente é um processo contínuo e gradual. A direção para a sustentabilidade está em combinar atitudes das pessoas com as complexas necessidades ambientais, para isso é necessário modificar e aperfeiçoar (SILVA, 2011). A energia é primordial para o avanço de uma sociedade e, para diminuir os impactos ambientais, é necessário desenvolver tecnologias que aumentem a eficiência energética e a sustentabilidade da geração (PEREIRA et al., 2017).

A energia oriunda do Sol é uma das possibilidades energéticas mais promissoras para o desenvolvimento sustentável, sendo uma fonte de energia abundante e, a princípio infinita, constante cerca de bilhões de anos, com o rendimento presente de $3,86 \times 10^{26}$ W e temperatura em sua superfície de 5778 K (5505° C). É uma estrela de porte mediano e a energia emitida é decorrente das reações de fusão nuclear dos átomos de Hidrogênio (cerca de 75%) para desenvolver Hélio (25% da composição do sol) (PEREIRA et al., 2017). Aproximadamente 81% energia que se estende sobre a Terra/Atmosfera está no comprimento de onda do aparente ao infravermelho aproximado. Todos os processos dinâmicos, térmicos e químicos, naturais (fotossíntese, ciclo hidrológico, dinâmica da atmosfera e oceanos etc.) ou artificiais (fabricado pelo homem através da ciência e tecnologia), são promovidos por essa energia (PEREIRA et al., 2017).

A fonte de energia principal na matriz elétrica brasileira é a hidroeletricidade, o que torna o sistema elétrico único nas questões de consequências ao meio ambiente. Mesmo sendo renováveis, as hidroelétricas sofrem os efeitos climáticos, tendo seu reservatório de água com nível reduzido em tempos de seca, diminuindo a energia armazenada e alcançando valores preocupantes no panorama da estabilidade do sistema energético, assim causando o aumento do custo da energia no país. Também impacta, negativamente, na utilização da água para abastecimento da população, agricultura, entre outros (PEREIRA et al., 2017).

A energia hidroelétrica é sustentável, mas enfrenta grande desaprovação da população por conta dos impactos ambientais e sociais que a implantação de uma hidroelétrica causa, inundando amplas áreas, modificando o ciclo hidrológico, emitindo metano, acarretando estragos a estabilidade do ecossistema da região e deslocando populações indígenas e ribeirinhas (PEREIRA et al., 2017).

Devido à diminuição anual do rendimento das hidroelétricas, em torno de 20 pontos percentuais associados ao total gerado, o aumento da procura por energia está sendo suprido, em sua maioria, por uma expansão das usinas termoeletricas a combustíveis fósseis, abrangendo a nuclear, assumindo cerca de 26% da energia elétrica disponibilizada no ano de 2015 enquanto a hidráulica teve uma redução de 81% para 62% entre os anos de 2011 e 2015, em consequência da estiagem. Com o aumento do uso das termoeletricas

houve também o aumento das emissões de carbono, crescendo de 82 para 137kgCO₂ / MWh no intervalo pesquisado, devendo ser reduzido (PEREIRA et al., 2017).

A aplicação de tecnologias de transformação de energia solar em térmica ou fotovoltaica está progredindo exponencialmente. Entre 2010 e 2016, a tecnologia fotovoltaica teve crescimento mundial em torno de 40%, já a eólica e a hídrica cresceram 16% e 3%, respectivamente. Placas fotovoltaicas de pequeno a médio porte fixado na extremidade de um edifício permitem o fornecimento de eletricidade para uso particular e o excedente pode ser remetido à rede do sistema elétrico. Os EUA e a Espanha totalizam 80% da capacidade global de produção de energia através da tecnologia foto térmica (PEREIRA et al., 2017).

A fonte de energia principal na matriz elétrica brasileira é a hidroeletricidade, o que torna o sistema elétrico único nas questões de consequências ao meio ambiente. Mesmo sendo renováveis, as hidroelétricas sofrem os efeitos climáticos, tendo seu reservatório de água com nível reduzido em tempos de seca, diminuindo a energia armazenada e alcançando valores preocupantes no panorama da estabilidade do sistema energético, assim causando o aumento do custo da energia no país. Também impacta, negativamente, na utilização da água para abastecimento da população, agricultura, entre outros. Nesse contexto, o recurso solar aponta-se como uma ótima fonte de energia para acrescentar as fontes já estabelecidas, como as hidroelétricas, pois existe grande incidência de irradiação na extensão terrestre, principalmente no Nordeste brasileiro, e é uma importante condição para a efetividade da utilização dessa técnica. A aplicação da energia solar colabora com o controle hídrico nos reservatórios, principalmente nas épocas de pouca chuva, possibilitando programar e aperfeiçoar novas formas de produção, transferência e emissão de energia (PEREIRA et al., 2017).

Os algoritmos de aprendizado de máquina podem resolver muitos problemas complexos de maneira genérica, não exigindo uma programação explícita; em vez disso, eles aprendem com os dados. Quanto maior o conjunto de dados utilizados nas etapas de aprendizado, mais o preciso se tornar. O objetivo de um algoritmo de ML é identificar padrões em um determinado grupo de dados, muitas vezes chamado de conjunto de treinamento, para que se possam prever corretamente os rótulos de novos dados, inicialmente fora do conjunto de treinamento.

No âmbito da análise variabilidade espacial da energia solar e a sua importância para a matriz energética brasileira, a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina pode então fornecer novas alternativas para a sua estimativa, principalmente em diferentes escalas temporais. Inserido neste contexto, o presente trabalho se propõe a utilizar técnicas de aprendizado de máquina visando à estimativa do potencial solar na cidade de Duque de Caxias.

2 Objetivos

O presente projeto teve como objetivo analisar os dados de radiação solar e a estimativa do seu potencial na cidade de Duque de Caxias, região da Baixada Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Para o presente projeto, estabeleceram-se os seguintes objetivos: Analisar os dados de radiação solar observados in situ; analisar os dados de

radiação solar estimados pela reanálise ERA 5; avaliar métricas estatísticas entre as duas fontes de dados; aplicar técnicas de Aprendizado de Máquina.

3 Material e métodos

- Área de estudo

Duque de Caxias é um município brasileiro do estado do Rio de Janeiro, Região Sudeste do país. Localiza-se na Baixada Fluminense, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, estando situado a 15 km da capital estadual. Sua população estimada em 2020 era de 924 624 habitantes sendo assim o mais populoso da Baixada Fluminense, o terceiro mais populoso do estado e o 18º mais populoso do país.

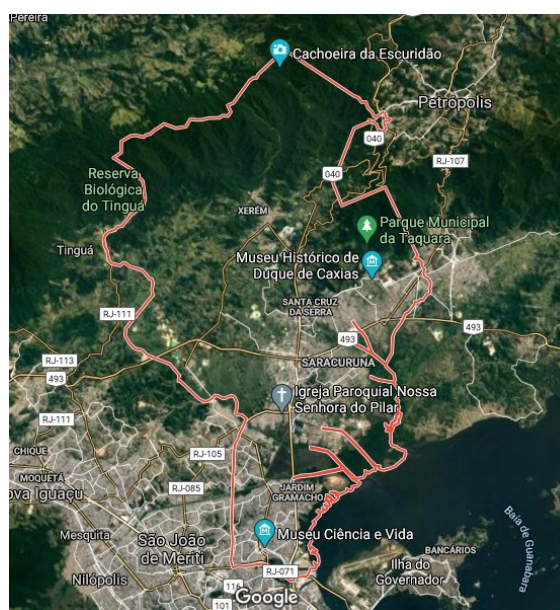


Figura 1: Cidade de Duque de Caxias, delimitada em vermelho. Fonte: Google Earth (2020).

De acordo com a divisão regional vigente desde 2017, instituída pelo IBGE (2020) o município pertence às Regiões Geográficas Intermediárias e Imediatas do Rio de Janeiro. Até então, com a vigência das divisões em microrregiões e mesorregiões, fazia parte da microrregião do Rio de Janeiro, que por sua vez estava incluída na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro. O município limita-se ao norte com Petrópolis e Miguel Pereira; ao leste, com a Baía da Guanabara e Magé; ao sul, com a cidade do Rio de Janeiro e, a oeste, com São João de Meriti, Belford Roxo e Nova Iguaçu. Caxias possui clima quente, porém os terceiro e quarto distritos (Imbariê e Xerém) têm temperatura amena em virtude da área verde e da proximidade da Serra dos Órgãos. Duque de Caxias é banhada pela Baía de Guanabara, não tendo praias, ilhas e nem portos. Esses limites são de manguezais de água salobra, tendo uma área linear de 13,96 km e passa nas costas dos bairros (Parque das Missões, Parque Beira Mar, Vila Guanabara, Jardim Gramacho, Complexo da REDUC- Refinaria de Duque de Caxias e Jardim Ana Clara).

Com o clima tropical de savana as temperaturas em Duque de Caxias são bem variadas, podendo chegar a 40 °C, no verão, e 10 °C ou menos, no inverno. Em alguns distritos do município, como São Bento, Amapá, Xerém e Tinguá, a temperatura no inverno

pode cair abaixo dos 10 °C, como no inverno de 2014, quando as temperaturas na madrugada de 27 de julho chegaram a 7,6 °C em São Bento e Pantanal, 7,9 °C em Amapá, 8,4 °C em Xerém e 8,9 °C em Tinguá, além de 9,4 °C no centro de Duque de Caxias. A temperatura mínima na cidade pode atingir os 10 °C, nos meses de maio a julho. Levando-se em conta o gradiente térmico, que estabelece a variação de 0,65 °C para cada 100 metros de altitude.

- Dados de radiação solar in situ e da reanálise da NASA (National Aeronautics and Space Administration (NASA) ou Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources

Para o estudo do solar serão utilizados os dados meteorológicos coletados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br/portal/>) para uma estação meteorológica automática localizada na cidade de Duque de Caxias entre 2008 e 2020. O nome de referência da estação é Duque de Caxias – Xerém apresenta Latitude: -22.589806º, Longitude: -43.282233º e Altitude: 24 metros em relação ao nível médio do mar. A reanálise ERA5 fornece estimativas de hora em hora de um grande número de variáveis ambientais. Na proposta inicial deste havia sido proposto o uso da reanálise ERA 5. Entretanto, com o lançamento da plataforma inovadora proposita pela NASA, optou-se então por realizar a mudança da referida base de dados o bits através da modelagem numérica (nesse contexto, chamada reanálise).

A plataforma de dados da NASA tem como principal objetivo fornecer aos usuários através de uma interface amigável de dados ambientais visando a sua utilização para pesquisas. Diferente da plataforma da reanálise ERA 5 (proposta inicial deste projeto), os usuários conseguem através da interface proposta pela NASA obter séries temporais dos parâmetros ambientais para diferentes coordenadas geográficas com saída em formato .csv. O objetivo da NASA nesta nova interface amigável é observar, compreender e modelar o sistema terrestre para descobrir como ele está mudando, para prever melhor as mudanças e para compreender as consequências para a vida na Terra. O projeto Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) foi iniciado para melhorar o conjunto de dados de energia renovável atual e para criar novos conjuntos de dados a partir de novos sistemas de satélite. O projeto POWER visa três comunidades de usuários: (1) Energia Renovável, (2) Edifícios Sustentáveis e (3) Agroclimatologia.

4 Resultados

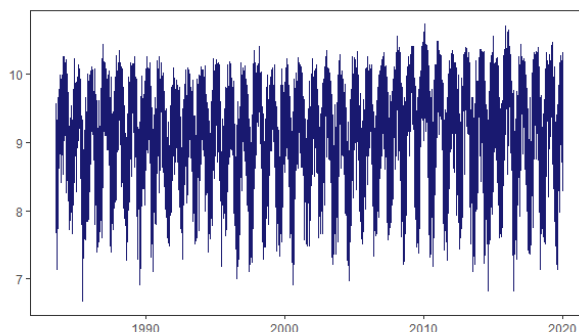


Figura 2: Série temporal da radiação global na cidade de Duque de Caxias entre 1982 e 2020 obtidos através da reanálise da NASA.

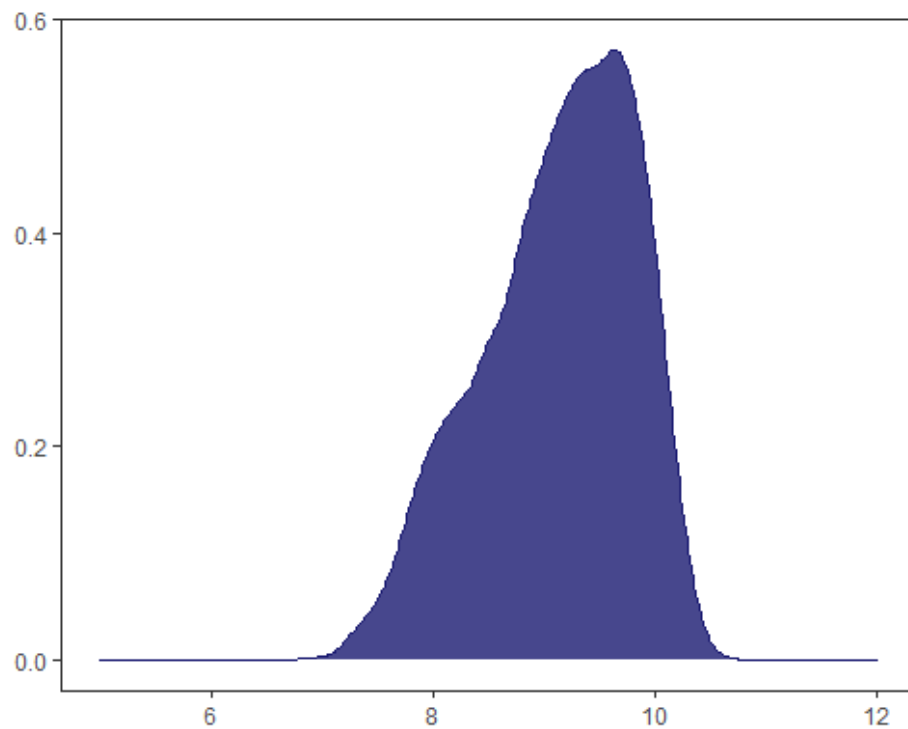


Figura 3: Distribuição densidade de probabilidade da radiação global na cidade de Duque de Caxias entre 1982 e 2020 obtidos através da reanálise da NASA.

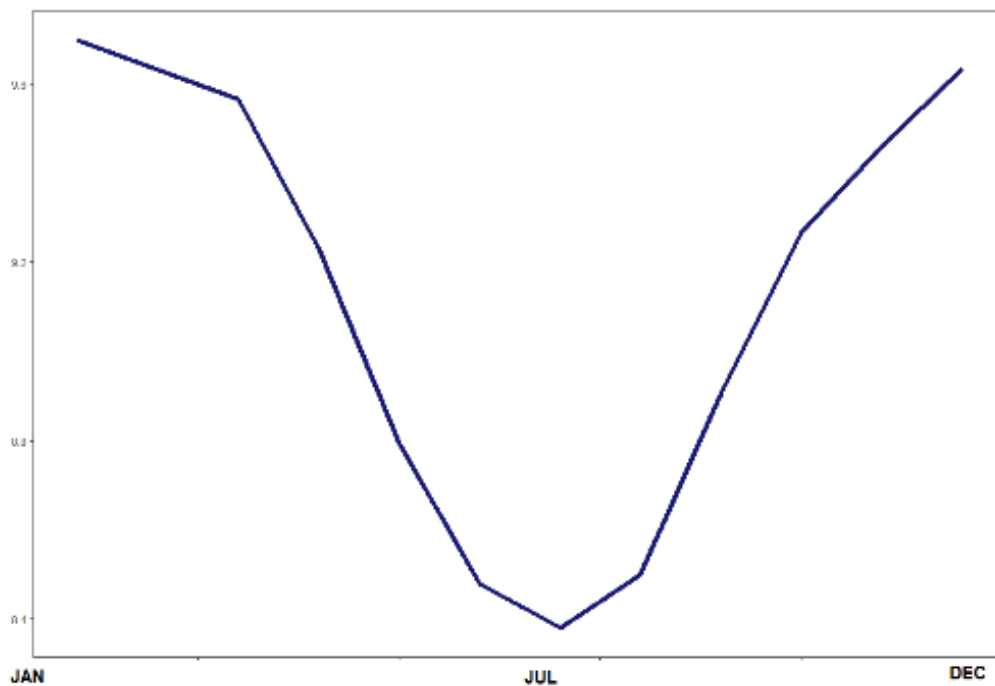


Figura 4: Dados mensais da radiação global na cidade de Duque de Caxias entre 1982 e 2020 obtidos através da reanálise da NASA.

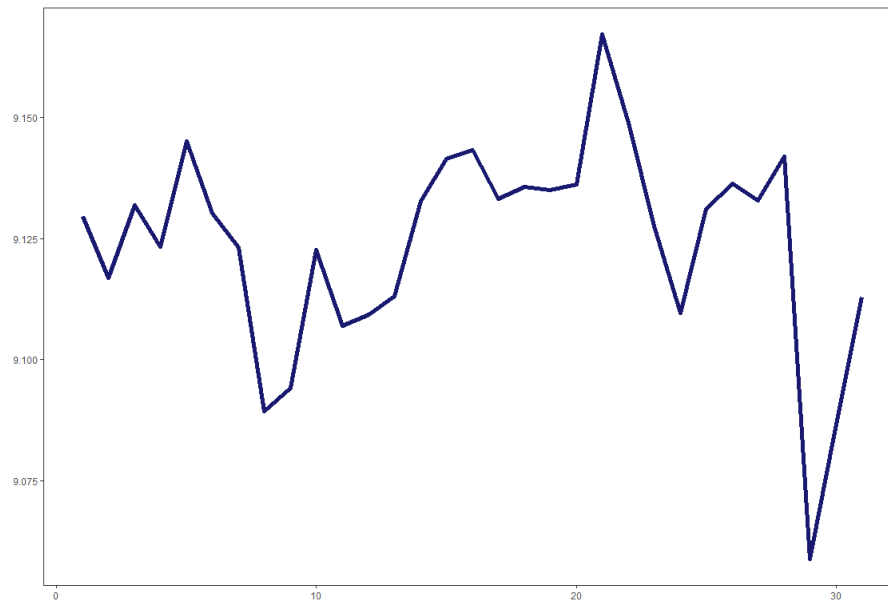


Figura 5: Dados diários da radiação global na cidade de Duque de Caxias entre 1982 e 2020 obtidos através da reanálise da NASA.

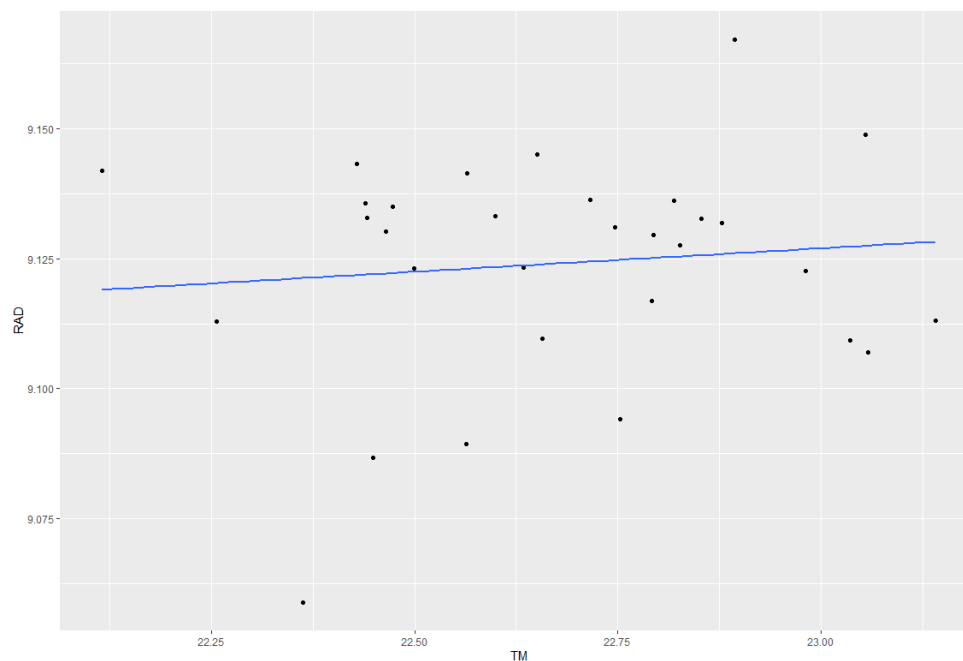


Figura 6: Regressão linear utilizando os dados da NASA e os dados de temperatura do ar para a cidade de Duque de Caxias.

Regressão linear: Call: lm (formula = RAD ~ TM, data = df2) e
Coefficients: (Intercept) TM 8.920182 0.008991.

Regressão múltipla: Call: lm (formula = RAD ~ TM + TD + PM, data = df2)
e Coefficients: (Intercept) TM TD PM -8.9583951 0.0004443
0.0901725 0.0161659

Conclusão

Através do levantamento e tratamento dos dados da radiação global da reanálise da NASA foram inicialmente geradas duas formas de exibição gráfica, ou seja, as Figuras 2 e 3. A Figura 2 caracteriza a série temporal dos dados horários da radiação global (em KW/h por m²) para a cidade de Duque de Caxias entre 01/01/1982 e 31/12/2020. A Figura 3 caracteriza a distribuição densidade de probabilidade destes mesmos dados. Através da Figura 2 verifica-se que a série temporal dos dados de radiação global apresenta um comportamento do tipo senoidal/cosseinodal, com menores valores entre a noite e a madrugada e maiores valores durante o dia. Tal característica corrobora o padrão esperado desta variável, isto é, em função dos movimentos de rotação da Terra. A rotação é o movimento que a Terra realiza em torno de seu próprio eixo. Assim, a principal consequência é a existência alternada entre os dias e as noites, pois, se não houvesse esse movimento, haveria apenas dia em um lado do planeta (que seria extremamente quente) e apenas noite no outro lado (que seria extremamente frio). Através da Figura 3 pode-se observar que os dados de radiação global apresentam uma distribuição assimétrica à esquerda (ou negativa). Tal característica mostra que nesta série a moda é maior que a mediana e a média. Este padrão de distribuição importante para a geração de potencial solar na região, pois caracteriza a existência de dias/horas com maiores valores de radiação em relação aos dias/horas com menores valores da mesma.

Através da Figura 4, verificou-se, como esperado, menores valores de radiação solar durante o inverno e maiores valores durante o verão. Porém, considerando a variabilidade diária pode-se observar (Figura 5) uma menor variação deste parâmetro meteorológico em função dos sistemas transientes da atmosfera que passam sobre a região de estudo favorecendo então uma maior homogeneidade nesta escala temporal de análise. A Figura 6 mostra o resultado da análise de regressão linear considerando os dados de temperatura do ar e radiação solar. Verifica-se uma relação positiva entre estas duas variáveis corroborando o princípio físico da troca de energia entre o Sol e a superfície da terra. Em seguida, são apresentados os coeficientes obtidos pela regressão linear e regressão múltipla. Verifica-se através do p-value que apenas a variável Temperatura do Ar apresentou maior confiabilidade para a estimativa da radiação solar (valores abaixo de 0.05).

Referências

- ESTENDER, A.C; PITTA, T. T. M. (2008) O conceito do desenvolvimento sustentável. São Paulo, 2008.
- GOOGLE EARTH (2020) Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/>>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

IBGE (2020) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

PEREIRA, E, B *et al* (2017) Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2, ed. São José dos Campos, SP.

PINHO, J. T; GALDINO, M. A. *et al*. (2014) Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014.

SENADO (2020). Conferência Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta: desenvolvimento sustentável dos países. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises.aspx>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

SILVA, C. B. (2011) A responsabilidade social e sua importância nas organizações. Rio de Janeiro.

SILVA, F.P. (2019) Previsão de tempestades severas e de transbordamentos no rio Quitandinha – Petrópolis – RJ. Tese de Doutorado, UFRJ. Rio de Janeiro.