



José Augusto de Paiva Neto

Desertificação - Uso de visualização geométrica para análise de risco

Recife

Junho de 2022

José Augusto de Paiva Neto

Desertificação - Uso de visualização geométrica para análise de risco

Artigo apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Departamento de Estatística e Informática

Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Orientador: Silvana Bocanegra e Jones Albuquerque

Recife

Dezembro de 2021

Desertificação - Uso de visualização geométrica para análise de risco

José Augusto de Paiva Neto¹, Silvana Bocanegra¹, Jones Albuquerque¹

¹Departamento de Estatística e Informática – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, - CEP: 52171-900 – Recife – PE – Brasil

Resumo. *O processo de uso indevido da terra, falta de chuva e diversos outros fatores provoca a desertificação de uma região. Uma vez que uma região se torna deserta, acredita-se ser impossível reverter essa condição. Analisar frequentemente o risco de desertificação pode facilitar políticas públicas para mitigar esses efeitos. Esse trabalho tem por objetivo trazer uma proposta de análise de risco de regiões que estão no núcleo de desertificação do nordeste utilizando dados de vegetação. O trabalho apresentou alto risco de desertificação em 3 municípios do nordeste brasileiro.*

Abstract. *The process of misuse of land, lack of rain and several other factors can lead the region to become a desert. Once a region becomes deserted it may be impossible to reverse this condition. Frequently analyzing the risk of desertification can facilitate public policies to mitigate these effects. This paper aims to bring a proposal for risk analysis of regions that are at the nucleus of desertification in the northeast using vegetation data. This paper presented a high risk of desertification in 3 municipalities in northeastern Brazil.*

1. Introdução

Desertificação é um processo que acontece geralmente em regiões de clima árido e semiárido, onde a taxa de evaporação é maior do que a de precipitação, e se dá pela degradação do solo e consequentemente perda de nutrientes. Em geral, é provocada por mudanças climáticas e atividade humanas. Segundo a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - UNCCD, terras secas são definidas como áreas onde o índice de aridez se encontra entre os valores de 0,05 e 0,652. No Brasil a seca atinge principalmente a região nordeste e norte de Minas Gerais, segundo a Embrapa¹.

Os impactos da desertificação não são somente ambientais, mas também social e econômico, dado que há uma população que depende da região para agricultura. Um exemplo disso é em Sahel, sul do Saara, com solo fragilizado recebeu uma grande seca tornando a terra infértil e meio milhão de pessoas morreram, pois dependiam do local para alimentação [Dawelbait and Morari 2012].

A desertificação é um processo que toma bastante tempo, deve ser feito análise entre 10 a 20 anos [Prince 2012]. Dentro desse tempo políticas públicas podem ser efetuadas para minimizar ou erradicar esse risco antes que seja tarde. Por isso, geometrias de risco se mostram bastante interessantes para traçar áreas de riscos antes que seja tarde.

¹Convivência com a seca. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-convivencia-com-a-seca/perguntas-e-respostas>. Acessado em 02/06/2022

O IRRD (Instituto para Redução de Riscos e Desastres) é uma iniciativa federal vinda do GEOSERE-UFRPE e LIKA-UFPE, que tem por objetivo fazer análises de ambientes para gerar informações sobre riscos de diversos desastres. Com essas análises feitas é possível que unidades governamentais tracem um plano de ação para minimizar ou eliminar esses desastres.

O IRRD usou a ourworld data para obter dados de infecções e fez um trabalho com geometria de riscos para a análise de COVID-19 [Català et al. 2021]. Calculando a velocidade de propagação da enfermidade e o número de pessoas infectadas nos últimos 14 dias, foi possível gerar um índice de crescimento potencial e fornecer informações para utilidade pública.

A proposta deste trabalho é gerar diagramas geométricos para analisar em qual situação de risco dada região se encontra. O trabalho atual se concentra em fazer as análises com base nas condições de vegetação do território, fazendo uso dos dados de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) emitidos pela AVHRR (Advanced Very-High-Resolution Radiometer) fornecido pela NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ¹.

2. Trabalhos Relacionados

Há vários dados que podem trazer um entendimento sobre as condições de um ambiente, como o NDVI, VCI (Vegetation Condition Index), PCI (Precipitation Condition Index), Aridity Index (AI), Vegetation Health Index (VH), Human Impact Index (HII) e tantos outros. Com tantas formas de avaliar as condições, hoje, não existe um consenso de como se deve avaliar o risco de desertificação [Matallo Junior 2001].

Um trabalho feito na região central do México, reuniu dados de satélite e climatológico de 1993 a 2010 e dados populacionais entre 1980 e 2010 [Becerril-Pina et al. 2015]. Este trabalho usou os índices BSI (Bare Soil Index) e GSI (Grain Size Index) para fazer a análise do componente do solo. O GSI é usado para identificar a camada superficial do solo e o BSI combina as bandas de infravermelho próximo, azul, vermelho e infravermelho médio para analisar a cobertura de vegetação para identificar solos cobertos ou descobertos, quando analisados em conjunto com dados de vegetação. Para o componente climático o AI foi utilizado, usando 262 estações meteorológicas foi possível calcular as taxas de precipitação e evaporação da região. A desertificação não é somente um processo que se dá pelas vias de mudança climática, mas também por ação humana. Para essa análise foi utilizado o HII para se ter dados da densidade populacional da região.

A atividade humana entre 1993 e 2011 se intensificou e foi um dos motivos da degradação da região [Becerril-Pina et al. 2015]. Foram analisadas mudanças nas áreas urbanas e rurais durante esses 18 anos e houve perda de gramíneas, cerca de 611km² anualmente. Também foi identificado uma perda de 30% no corpo de água durante 3 meses de 2011, provavelmente devido às secas nessa época.

[Burrell et al. 2020] traça dois principais motivos para as mudanças na vegetação

¹AVHRR land normalized difference vegetation index. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/data/avhrr-land-normalized-difference-vegetation-index/access/>. Acessado em 02/06/2022

em região secas, que são: as mudanças climáticas antropogênicas que inclui a disponibilidade de água dado a diferença entre evaporação e precipitação, e o uso incorreto de terra. O uso da terra é um fator importante para a desertificação pois, o mau uso, como desflorestamento e queimadas intensificam mudanças climáticas que aceleram ainda mais o processo de desertificação. Além de entender o risco para uma região, o trabalho propõe analisar qual é o fator predominante para a desertificação. É traçado alguns parâmetros para ser analisado, sendo eles: a fertilização de CO₂, variabilidade climática, mudança climática e uso da terra.

[Burrell et al. 2020] mostra que o principal fator de mudança de vegetação em terras secas foi a fertilização de CO₂, com 44.1%, seguido de uso não eficiente da terra, variabilidade climática e mudança climática com 28.2%, 14,6% e 13,1% respectivamente. Esse trabalho também identificou que 6% da região analisada desde 1982 sofreu o processo de desertificação e outras 20% estão com alto risco de sofrer o mesmo processo, dado às mudanças climáticas antropogênicas e uso não sustentável de terra.

3. Materiais e Métodos

3.1. Dados

O NCEI (National center for environmental information) é uma organização americana líder em dados ambientais e trabalha com um dos maiores arquivos atmosféricos, costeiro e geofísico do mundo. O NCEI fornece dados de NDVI diário a partir do ano de 1981. Para este trabalho usamos os dados de NDVI do mês de agosto entre os anos de 2004 e 2018, a depender da região, pois dependendo da área alguns anos apresentam inconformidades nos dados. Os dados estão no formato Mastercam Numerical Control File e cada arquivo apresenta uma matriz onde cada elemento é o NDVI de uma coordenada para um único dia.

3.2. Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI

O NDVI é um índice utilizado para calcular a saúde de uma vegetação com base em como ela reflete a luz. NDVI é definido por:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

onde, o NIR é o quanto refletiu da banda de infravermelho próximo e Red é a reflectância da faixa vermelha [Rouse Jr et al. 1973].

Os valores do NDVI são retornados entre -1 e 1, onde valores maiores que 0 resultam em áreas com vegetação densa e valores negativos são atribuídos a regiões com corpo de água ou terra úmidas. Valores próximos ao 0 são regiões com pouca vegetação ou vegetação velha, que não consegue refletir luz suficiente [Ferreira et al. 2017].

3.3. O Índice de condição de vegetação - VCI

A partir do NDVI pode-se encontrar outros índices para análises, como no caso do VCI. Esse índice é obtido da seguinte forma:

$$VCI = \frac{NDVI_j - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \times 100$$

onde o NDVI_j é o NDVI no momento j, o NDVI_{max} e NDVI_{min} é o NDVI máximo e mínimo, respectivamente. Neste trabalho o VCI foi calculado anualmente, e como o valor do NDVI pode ser afetado por nuvens [Ferreira et al. 2017] foi considerado apenas o VCI calculado no mês de agosto para representar o ano, pois é uma época de pouca chuva¹

3.4. Condição prévia da região

Conforme [Prince 2012], o processo de desertificação leva aproximadamente de 10 a 20 anos. Todavia, este trabalho tem o intuito de analisar a maneira como o risco de desertificação evolui ao longo dos anos. Assim, para verificação do potencial risco são considerados os dados obtidos até 3 anos anteriores e o ano atual. Primeiramente foi obtido a condição de vegetação da região nos 3 anos que antecedem o ano da análise na forma de frequência de VCI abaixo de 21%. A frequência foi calculada da seguinte forma:

$$F_{rel} = \frac{\sum VCI_{0-20}}{3} \times 100$$

onde $\sum VCI_{0-20}$ é a quantidade que uma coordenada apresentou VCI entre 0 e 20% nos 3 anos da análise. Regiões que estão com uma frequência superior a 30% de VCI entre 0% e 20% são áreas suscetíveis à seca e em processo de desertificação [Ferreira et al. 2017]. Como o objetivo desse trabalho é ter a análise gradual das condições de uma vegetação, foi utilizado 4 anos para calcular a frequência. O resultado dessa equação é uma matriz, no mesmo formato dos dados iniciais, com a frequência de VCI baixo de cada coordenada.

Para obter a condição prévia da região, foi somado o valor de frequências de todas as coordenadas da matriz de frequência e dividido pela quantidade.

$$CPR = \frac{\sum F_{rel}}{n}$$

3.5. Condição vegetação atual

Para obter a condição de vegetação de um único ano, utilizamos a média do VCI das coordenadas da região trabalhada. Ao fim, é obtido o módulo dessa média subtraída por 100 para que os valores fossem diretamente proporcionais à degradação da região.

$$CVA = \left| \frac{\sum VCI}{n} - 100 \right|$$

3.6. O Índice de crescimento potencial - EPG

A condição prévia da região apresenta o rumo que o risco está direcionando e o seu produto com a condição atual de vegetação é um índice que informa o curso atual do território em relação a desertificação.

$$EPG = CPR \times CVA$$

¹A seca no nordeste. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/brasil/a-seca-no-nordeste.htm>. Acessado em 02/06/2022

3.7. O diagrama de risco

Para a representação do diagrama de risco foi usado o código em python fornecido pelo IRRD¹ com as modificações necessárias para a temática de desertificação. Os dados do NCEI foram baixados para que seja acessado localmente. Os códigos ainda não estão automatizados com base na disponibilidade de novos anos no NCEI.

Se apresentarmos o risco de desertificação de uma região como um diagrama com CPR no eixo y e CVA no eixo x, podemos ver como o risco do território vai evoluindo anualmente. Cada ponto no gráfico é o índice de risco de desertificação da região analisada em determinado ano. O diagrama de risco apresenta 3 áreas de risco, sendo representadas pelas cores verde, amarelo e vermelho. Quanto mais próximo os pontos estão na região vermelha, maior o risco de desertificação naquele dado momento. Por outro lado, quanto mais próximo a região verde, menor o risco. A escala de cores do gráfico foi feita com base no EPG.

- $EPG > 2000$: Risco moderado-alto
- $900 > EPG < 2000$: Risco moderado
- $EPG < 900$: Risco baixo

A estratificação dos dados foi feita com base na informação de que um VCI entre 0% e 20% indicava risco de desertificação de uma região com frequência acima de 20% de baixo VCI apresenta alto risco [Ferreira et al. 2017].

Quando mais próximo da região verde um ano se apresentar, menor será o risco de desertificação. Ao se aproximar da região vermelha o gráfico, o risco se torna mais evidente, sendo necessário a aplicação de políticas públicas para diminuição do risco.

4. Resultados (Estudo de Caso)

O projeto se propôs a analisar os riscos de municípios que estavam no núcleo de desertificação do nordeste e o município de São Lourenço da Mata, que não é citado em outros trabalhos como em curso de desertificação. O modelo executado trouxe resultados que corroboram com outros trabalhos científicos. Os dados de NDVI de alguns anos trouxe valores discrepantes em relação ao ano anterior e consequente, por essa razão houve um pré-processamento fazendo com que esse ano de valor discrepante fosse substituído pela média dos dois anos, anterior e posterior.

A figura 1 mostra o risco de desertificação na região de Chorrochó, município da Bahia, durante os anos de 2004 e 2012. Percebe-se na imagem que o risco se mantém sempre alto, com algumas variações entre os anos. A tabela 1 apresenta os valores de EPG para cada ano. Um trabalho feito na UNICAMP mostrou que nesse mesmo período houve um aumento na desertificação nessa região durante esse mesmo período [Dourado 2017]. Os resultados obtidos apresentam um risco ainda maior de desertificação. A razão pode-se dar ao fato de que foram avaliados outros índices para a análise, além da condição de vegetação.

¹riskdiagrams-covid19. Disponível em: <https://github.com/allissondantas/riskdiagrams-covid19>. Acessado em 02/06/2022

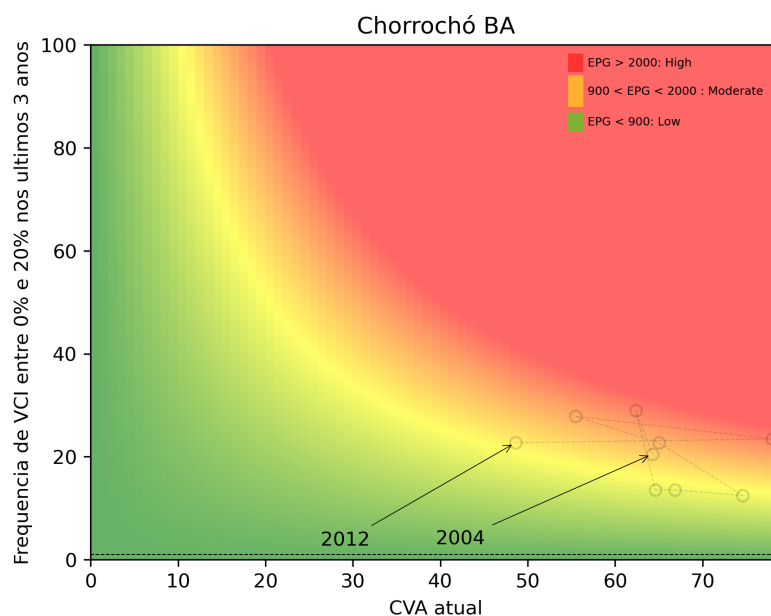


Figura 1. Gráfico com risco de desertificação na região de Chorrochó - Bahia 1.

Ano	CPR	CVA	EPG
2004	20.51	64.26	1318.14
2005	28.94	62.35	1804.31
2006	13.55	64.59	875.36
2007	13.55	66.83	905.68
2008	12.45	74.58	928.75
2009	22.71	65.02	1476.53
2010	27.84	55.46	1543.82
2011	23.44	77.10	1828.46
2012	22.71	48.59	1103.55

Tabela 1. Tabela com valores de CPR, CVA e EPG para a cidade de Chorrochó - BA.

O município de Gilbués, localizado no estado do Piauí, é um dos principais casos de desertificação no Brasil. A cidade passou por diversas degradação no solo, principalmente pelas atividades de agropecuária e mineração¹.

A figura 2 apresenta a análise de risco da cidade, durante os anos de 2008 e 2011. Na imagem nota-se o aumento do risco de desertificação. O que é condizente com os estudos que afirmavam sobre o perigo de desertificação no município [Silva 2011] e só agravou nos últimos anos. Atualmente a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí já estuda formas de diminuir os impactos da seca. A tabela 2

¹'Deserto de Gilbués': município piauiense é um dos principais núcleos de desertificação do país. Disponível em: <https://portaldocerrado.com/deserto-de-gilbues-municipio-piauiense-e-um-dos-principais-nucleos-de-desertificacao>. Acessado em 02/06/2022

apresenta as informações de CPR, CVA e EPG durante os anos analisados. Durante a análise desse município foi encontrado problemas com os dados, alguns anos tinham valores discrepantes em relação a outros. Nesses anos foi simulado com base na média dos anos anterior e seguinte.

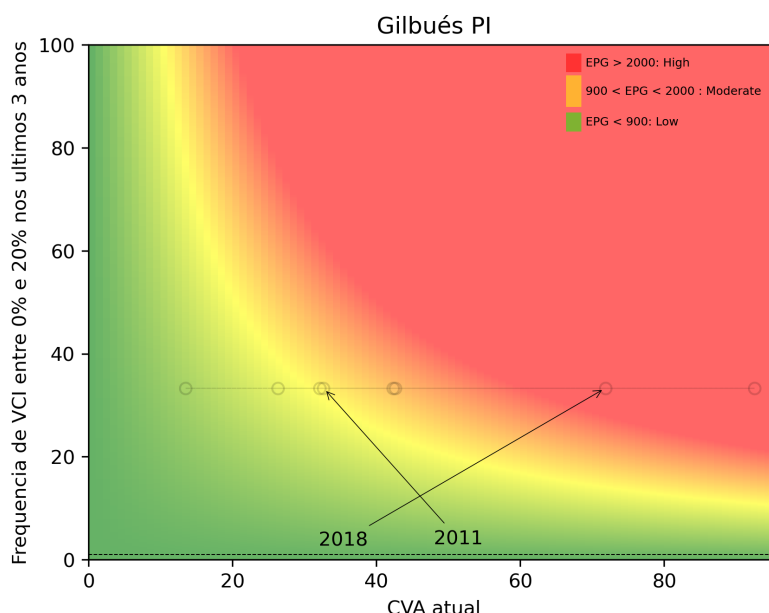


Figura 2. Gráfico com risco de desertificação na região de Gilbués - Piauí 2.

Ano	CPR	CVA	EPG
2011	33.33	33.00	1088.35
2012	33.33	32.00	1069.53
2013	33.33	26.00	876.73
2014	33.33	42.00	1410.41
2015	33.33	93.00	3084.0
2016	33.33	13.00	448.51
2017	33.33	43.00	1421.53
2018	33.33	72.00	2394.55

Tabela 2. Tabela com valores de CPR, CVA e EPG para a cidade de Gilbués - PI.

O município de Cabrobó, em Pernambuco, fica situado em um dos quatro núcleos de desertificação do nordeste, segundo o ministério do meio ambiente. Foram usados os dados entre 2004 e 2012, pois foi o que apresentou dados para ser melhor trabalhado, outros anos apresentavam valores de NDVI discrepantes em relação aos demais períodos mais próximo. A figura 3 apresenta um aumento no risco de desertificação nesse período de tempo, saindo de uma região de médio risco mais próximo ao verde, para uma região iniciando o alto risco. A tabela 3 apresenta os valores de CPR, CVA e EPG ao longo dos anos. Os resultados corroboram com as informações atuais, já que o município se encontra registrado como núcleo de desertificação em Pernambuco.

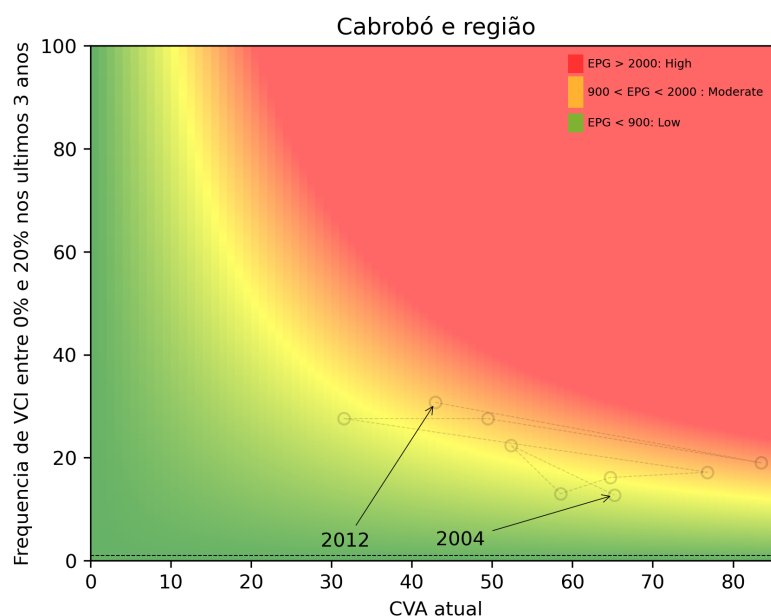


Figura 3. Gráfico com risco de desertificação na região de Cabrobó - Pernambuco 3.

Ano	CPR	CVA	EPG
2004	12.76	65.22	832.182
2005	22.39	52.32	1171.82
2006	13.02	58.51	761.84
2007	16.14	64.70	1044.62
2008	17.19	76.79	1319.71
2009	27.60	31.55	871.04
2010	27.60	49.43	1364.45
2011	19.01	83.47	1586.82
2012	30.73	42.94	1319.37

Tabela 3. Tabela com valores de CPR, CVA e EPG para a cidade de Cabrobó - PE.

A região de São Lourenço da Mata, em Pernambuco, foi escolhida para fazer um contraste com as outras regiões. O município fica na região metropolitana do Recife, e não é uma região de seca. Na figura 4 é possível ver que o risco de desertificação é mínimo. É possível também acompanhar os índices de CPR, CVA e EPG ao longo dos anos na tabela 4.

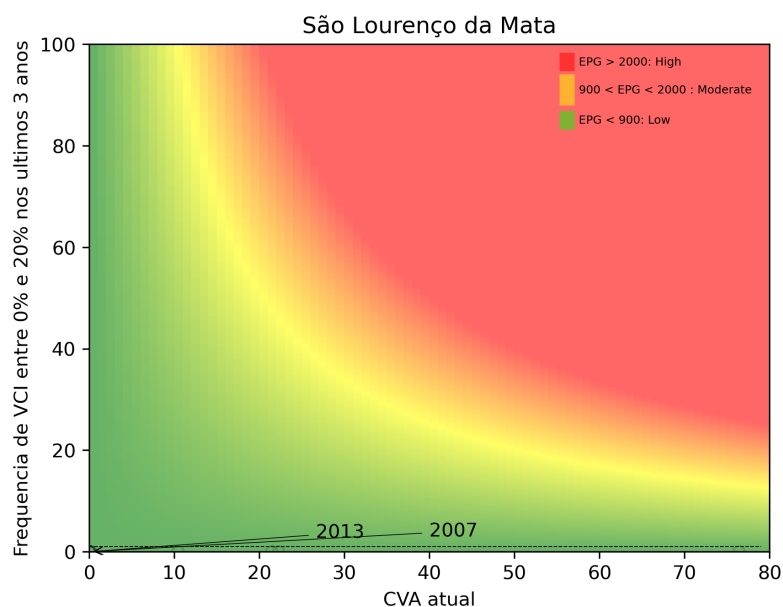


Figura 4. Gráfico com risco de desertificação na região de São Lourenço da Mata - PE 4.

Ano	CPR	CVA	EPG
2007	0	22	0
2008	0	0	0
2009	0	0	0
2010	0	10	0
2011	0	0	0
2012	0	21	0
2013	0	0	0

Tabela 4. Tabela com valores de CPR, CVA e EPG para a cidade de São Lourenço da Mata - PE.

5. Discussões e Trabalhos futuros

O projeto trouxe dados que corroboram com outros trabalhos já publicados, que também apresentaram uma elevação do risco nos núcleos de desertificação do nordeste, e mostram uma necessidade emergencial de políticas públicas na região.

Foi encontrado dificuldades quanto aos dados obtidos para diversas regiões em alguns anos. Sente-se a necessidade de um pré-processamento nos dados do NDVI para obter a melhor acurácia ou a procura de uma base mais fidedigna para algumas regiões.

Para que os dados possam estar sempre atualizados, é necessário a criação de uma API para acesso público às informações de risco. Para que isso seja implementado deve-se trocar o acesso aos dados de NDVI, que atualmente é feito de forma local, para acesso na web.

Não há uma forma fixa de como analisar a desertificação, diversos trabalhos se propuseram a analisar de uma maneira. Esse trabalho se propôs a analisar o risco de

desertificação usando apenas os índices de vegetação. Para atingir uma maior exatidão quanto à situação de uma região, outros índices devem ser considerados, como o caso do índice de precipitação e evaporação e índice de uso de terra.

Um maior estudo sobre desertificação deve ser feito para que o modelo possa ser aplicado a outras regiões respeitando as particularidades para se ter resultados com mais confiança.

Referências

- Becerril-Pina, R., Mastachi-Loza, C. A., González-Sosa, E., Díaz-Delgado, C., and Bâ, K. M. (2015). Assessing desertification risk in the semi-arid highlands of central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 120:4–13.
- Burrell, A., Evans, J., and De Kauwe, M. (2020). Anthropogenic climate change has driven over 5 million km² of drylands towards desertification. *Nature communications*, 11(1):1–11.
- Català, M., Marchena, M., Conesa, D., Palacios, P., Urdiales, T., Alonso, S., Alvarez-Lacalle, E., Lopez, D., Cardona, P.-J., and Prats, C. (2021). Monitoring and analysis of covid-19 pandemic: The need for an empirical approach. *Frontiers in public health*, 9:806.
- Dawelbait, M. and Morari, F. (2012). Monitoring desertification in a savannah region in sudan using landsat images and spectral mixture analysis. *Journal of Arid Environments*, 80:45–55.
- Dourado, C. (2017). *Áreas de risco de desertificação: cenários atuais e futuros frente às mudanças climáticas. 2017. 141 f.* PhD thesis, Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)–Programa de Pós-Graduação em . . .
- Ferreira, T. R., Pace, F. T. D., Silva, B. B. D., and Delgado, J. R. (2017). Identification of desertification-sensitive areas in the brazilian northeast through vegetation indices. *Engenharia Agrícola*, 37:1190–1202.
- Matallo Junior, H. (2001). *Indicadores de Desertificação : histórico e perspectivas.* UNESCO.
- Prince, S. D. (2012). Mapping desertification in southern africa. In *Land change science*, pages 163–184. Springer.
- Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Schell, J., and Deering, D. (1973). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Technical report.
- Silva, I. S. (2011). Estudo da desertificação em gilbués-piauí: caracterização física, variabilidade climática e impactos ambientais. *Revista de Geografia (Recife)*, 28(2):95–108.