

DIAGNÓSTICO DA DESERTIFICAÇÃO NA REGIÃO NORTE DE MINAS GERAIS POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Diagnosis of desertification in the Northern Region of Minas Gerais through of geoprocessing techniques

Marcus Vinícius Araújo Marques*

Adriana Aparecida Moreira**

César Vinícius Mendes Nery***

***Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG**

marcus.ifnmg@yahoo.com.br

****Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS**

moreiradriana00@gmail.com

*****Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG Campus Januária**

cvmn@hotmail.com

RESUMO

O processo de desertificação é conhecido em todo mundo pelo seu poder de transformar terras produtivas em terras não produtivas. Vários locais são afetados por esse processo, que vem avançando de forma gradativa, principalmente pelas ações antrópicas e pelas variáveis climáticas. Este trabalho teve como objetivo o estudo da desertificação na região norte do estado de Minas Gerais, obtendo um diagnóstico da situação atual utilizando o geoprocessamento. Foram utilizados dados dos atributos ambientais (declividade, erosividade, cobertura do solo, classes de solos e índice de aridez). Com o cruzamento destes atributos foram gerados mapas temáticos de susceptibilidade ambiental à erosão, susceptibilidade climática à desertificação e susceptibilidade ambiental à desertificação que possibilitou uma análise do processo na região. Pode-se concluir que a maior parte da área, cerca de 60%, encontra-se em média susceptibilidade ambiental à desertificação, numa região que compreende as localidades das estações meteorológicas de Espinosa, Monte Azul e Mocambinho.

Palavras-chave: Susceptibilidade à Desertificação. Susceptibilidade à Erosão. Degradação Ambiental.

ABSTRACT

The process of desertification is known throughout the world for its power to transform productive land into non-productive land. Multiple locations are affected by this process, which has been advancing gradually mainly by anthropogenic actions and climatic variables. This work aimed to study desertification in the northern region of the state of Minas Gerais, getting a diagnosis of the current situation using the geoprocessing. Data from environmental attributes were used (slope, erosivity, land cover, soil classes and aridity index). With the intersection of these attributes were generated thematic maps of environmental susceptibility to erosion, climate susceptibility to desertification and environmental susceptibility to desertification, which allowed an analysis of the process in the region. It can be concluded that most of the area, about 60%, are on average environmental susceptible to desertification, in a region that includes the locations of meteorological stations of Espinosa, Monte Azul and Mocambinho.

Keywords: Susceptibility to Desertification. Susceptibility to Erosion. Environmental Degradation.

1 INTRODUÇÃO

O processo de desertificação pode ser entendido como a transformação de áreas em deserto, o que por muito tempo tem sido tema de discussão e preocupação em todo o mundo (SOUZA et al., 2015). No passado entendia-se que este processo era ligado apenas aos resultados das pressões antrópicas sobre o meio, bem como às variabilidades climáticas; no entanto, esses não são os únicos fatores que influenciam uma área ao processo de desertificação. Atualmente áreas com determinadas classes de solo, vegetação e fatores sociais que levam a má utilização desses recursos, são os locais mais afetados.

A desertificação se configura como um dos mais graves problemas enfrentados pela humanidade, dado que, os danos ambientais gerados afetam de forma direta a qualidade de vida da população.

Minas Gerais com sua mesorregião norte, foi reconhecida pelo Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca (PAN – BRASIL) no ano de 2004, como uma área susceptível a desertificação (BRASIL, 2004).

A região integra parcialmente o semiárido brasileiro, apresenta baixo índice pluviométrico, distribuição irregular de chuvas e longos períodos de seca (COSTA et al., 2010; GALVÃO e RODRIGUES, 2005).

Além dessas características climáticas, a região apresenta fortes sinais de degradação, como o uso ilimitado dos recursos naturais, desmatamentos, mineração e agropecuária extensiva, fatores esses, que favorecem a ocorrência do processo de desertificação (AZEVEDO et al., 2009).

Atualmente, reconhece-se a possibilidade de estudo da desertificação em grandes áreas, onde a associação de dados climáticos, solo e vegetação, apresentam distintas sensibilidades diante de mudanças ambientais, favorecendo o monitoramento das áreas que sofrem com a desertificação e auxiliando na previsão de cenários.

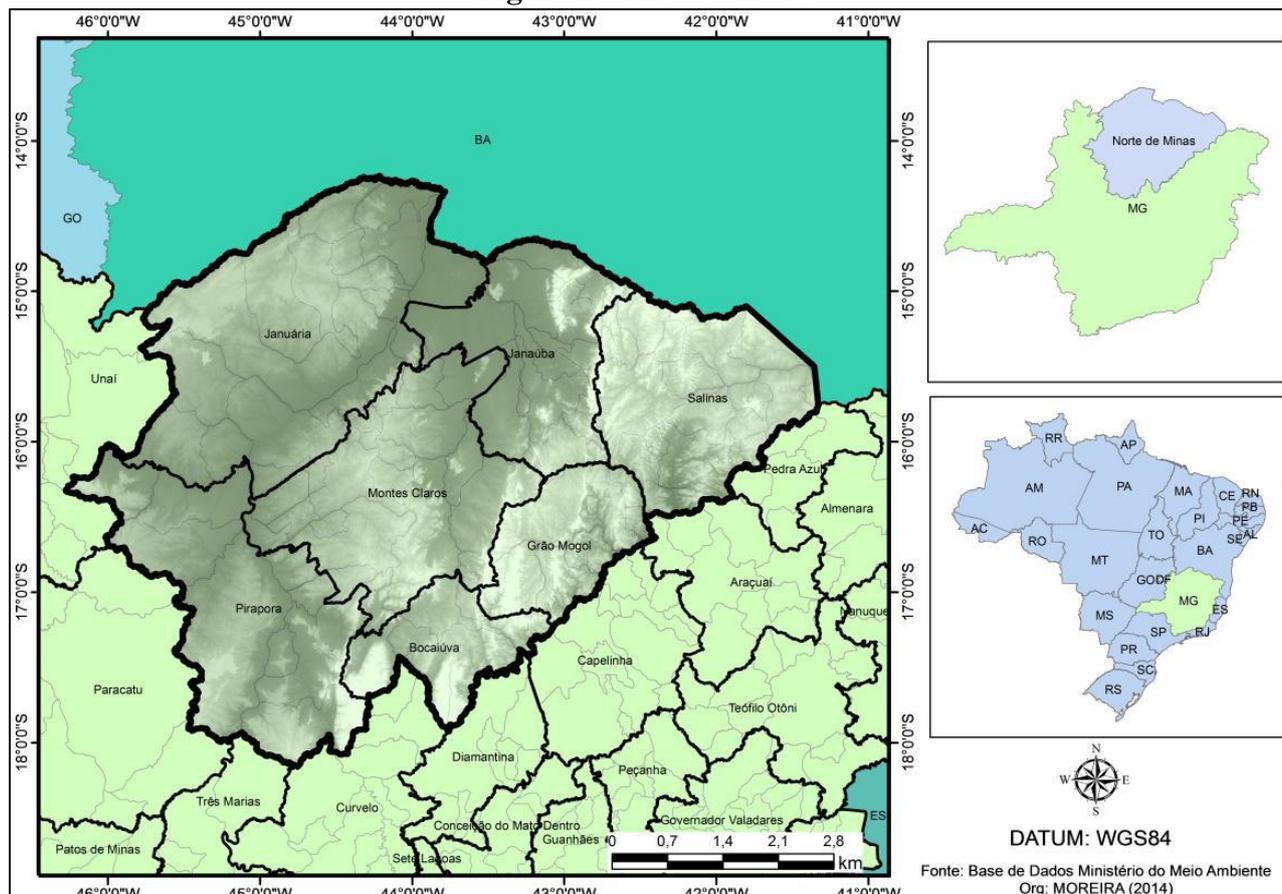
Com o avanço da tecnologia, muitos pesquisadores vêm aperfeiçoando as técnicas de uso do geoprocessamento e *softwares* nas análises de áreas degradadas e susceptíveis ao processo de desertificação.

Neste sentido, objetiva-se com este trabalho, diagnosticar o processo de desertificação na Mesorregião norte de Minas Gerais, utilizando técnicas de geoprocessamento.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A mesorregião do norte de Minas Gerais é delimitada pelas coordenadas 46°40' W, 14°0' S e 41°20' W, 18°0' S, compreendendo em 89 municípios (Figura 1). Apresenta clima tropical de semiúmido a semiárido, com vegetação variando de características do bioma da Caatinga, entrando em contato com o Cerrado. O clima semiárido tem como característica marcante as temperaturas elevadas, chuvas concentradas e um grande período de seca (COSTA et al., 2010).

Figura 1 – Área de Estudo

Fonte: Moreira (2016).

2.2 Procedimentos Metodológicos

Para realização deste trabalho foi utilizado como base metodológica, os trabalhos desenvolvidos por Santos e Galvínio (2013) e Barros (2010), onde se propõem a utilização do cruzamento de atributos para a obtenção do mapa de Susceptibilidade Ambiental à Desertificação. A metodologia utilizada segue o fluxograma apresentado pela Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma metodológico

O relevo foi representado pelas classes de declividade conforme a classificação do relevo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979) obtida por meio do processamento

da imagem de Radar SRTM disponibilizado por Miranda (2005), classificado de acordo com o grau de susceptibilidade (Tabela 1).

Tabela 1 – Fluxograma metodológico

Classes de Susceptibilidade	Peso	Declividade (%)	Relevo
Muito Baixa	1	> 3	Plano
Baixa	2	3 - 8	Suave Ondulado
Média	3	8 - 20	Moderadamente ondulado a ondulado
Alta	4	20 - 45	Fortemente ondulado
Muito Alta	5	45 - 54	Montanhoso

Fonte: Santos e Galvêncio (2013).

As classes de solos foram representadas pelo grau de fragilidade à erosão das classes de solos conforme Crepani et al. (2001) e Crepani et al. (2008). Os tipos de solos da área de estudo foram obtidos do banco de dados do mapa de solos de Minas Gerais elaborado em conjunto pela UFV et al. (2010), classificado de acordo com o grau de susceptibilidade (Tabela 2).

Tabela 2 – Classes e pesos para o atributo classes de solo

Classes de Susceptibilidade	Peso	Classes de Solo
Muito baixa	1	Latossolo
Baixa	2	Argissolo
Média	3	Planossolo e Luvisolo
Alta	4	Cambissolo
Muito Alta	5	Neossolo, Gleissolo, Vertissolos, Plintossolo e Nitossolo

Fonte: Santos e Galvêncio (2013).

A erosividade representa a capacidade da chuva em erodir o solo e foi obtida utilizando as Equações 1 e 2 propostas por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Os dados pluviométricos utilizados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) coletados nos últimos trinta anos em 20 estações meteorológicas da região de estudo e circunvizinhas.

$$EI = 67,355 \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (1)$$

Onde: EI é a média mensal do índice de erosão, em $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$; r representa a precipitação média mensal, em mm e P a precipitação média anual, em mm.

Os índices de erosão mensal (EI) foram somados para obtenção do índice de erosividade (R), em $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, conforme Equação 2.

$$R = \sum EI \quad (2)$$

A erosividade foi classificada de acordo com o grau de susceptibilidade da Tabela 3.

Tabela 3 – Classes e pesos para o atributo erosividade

Classes de Susceptibilidade	Peso	Erosividade ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$)
Muito baixa	1	< 3.584
Baixa	2	3.584 – 4.556
Média	3	4.556 – 5.528
Alta	4	5.528 – 6.500
Muito Alta	5	> 6.500

Fonte: Santos e Galvêncio (2013).

A cobertura da terra foi representada pelo padrão de cobertura e a contribuição da mesma na proteção do solo contra processos erosivos. O produto foi extraído da imagem orbital do dia 6 de julho de 2014, do sensor MODIS do satélite Terra. O produto empregado no mapeamento foi o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Para classificação da imagem foi utilizada a proposta por Santos (2008), que dividiu o NDVI em seis classes, em que a classe de Corpos Hídricos possui um valor variando de -0,20 a -0,77, Não Vegetada de -0,20 a 0,18, Vegetação Bastante Esparsa de 0,18 a 0,23, Vegetação Esparsa de 0,23 a 0,44, Vegetação Densa de 0,44 a 0,75 e Vegetação Muito Densa de 0,75 a 1.

A cobertura da terra foi classificada de acordo com o grau de susceptibilidade da Tabela 4.

Tabela 4 – Classes e pesos para o atributo cobertura da terra

Classes de Susceptibilidade	Peso	Cobertura da Terra
Muito baixa	1	Vegetação muito densa
Baixa	2	Vegetação densa
Média	3	Vegetação esparsa
Alta	4	Vegetação bastante esparsa
Muito Alta	5	Não vegetada

Fonte: Santos e Galvêncio (2013).

A Equação 3 foi a base do cruzamento dos atributos que deu origem ao mapa de Susceptibilidade à Erosão do Solo. Cada atributo foi subdividido em classes, as quais receberam notas levando em consideração o grau de fragilidade dos mesmos a erosão nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

$$SE = \frac{G+P+E+UT}{4} \quad (3)$$

Onde: SE representa a susceptibilidade à Erosão; G representa Relevo; P representa Classe de Solo; E representa Erosividade e UT representa a cobertura da terra.

O índice de aridez serviu de base para o mapa de Susceptibilidade Climática à Desertificação (Equação 4).

$$Ia = 100 \left(\frac{Pr}{ETp} \right) \quad (4)$$

Onde: *Ia* é o índice de aridez; *Pr* é a precipitação média anual e *ETp* representa a evapotranspiração potencial obtida através do Modelo de Balanço Hídrico Sequencial de Thornthwaite e Mather disponível em Rolim; Sentelhas e Barbieri (1998).

Cabe ressaltar que para o cálculo da evapotranspiração potencial, a capacidade de água disponível (CAD) utilizada na equação foi 100 mm.

O índice de aridez foi classificado de acordo com o grau de susceptibilidade da Tabela 5.

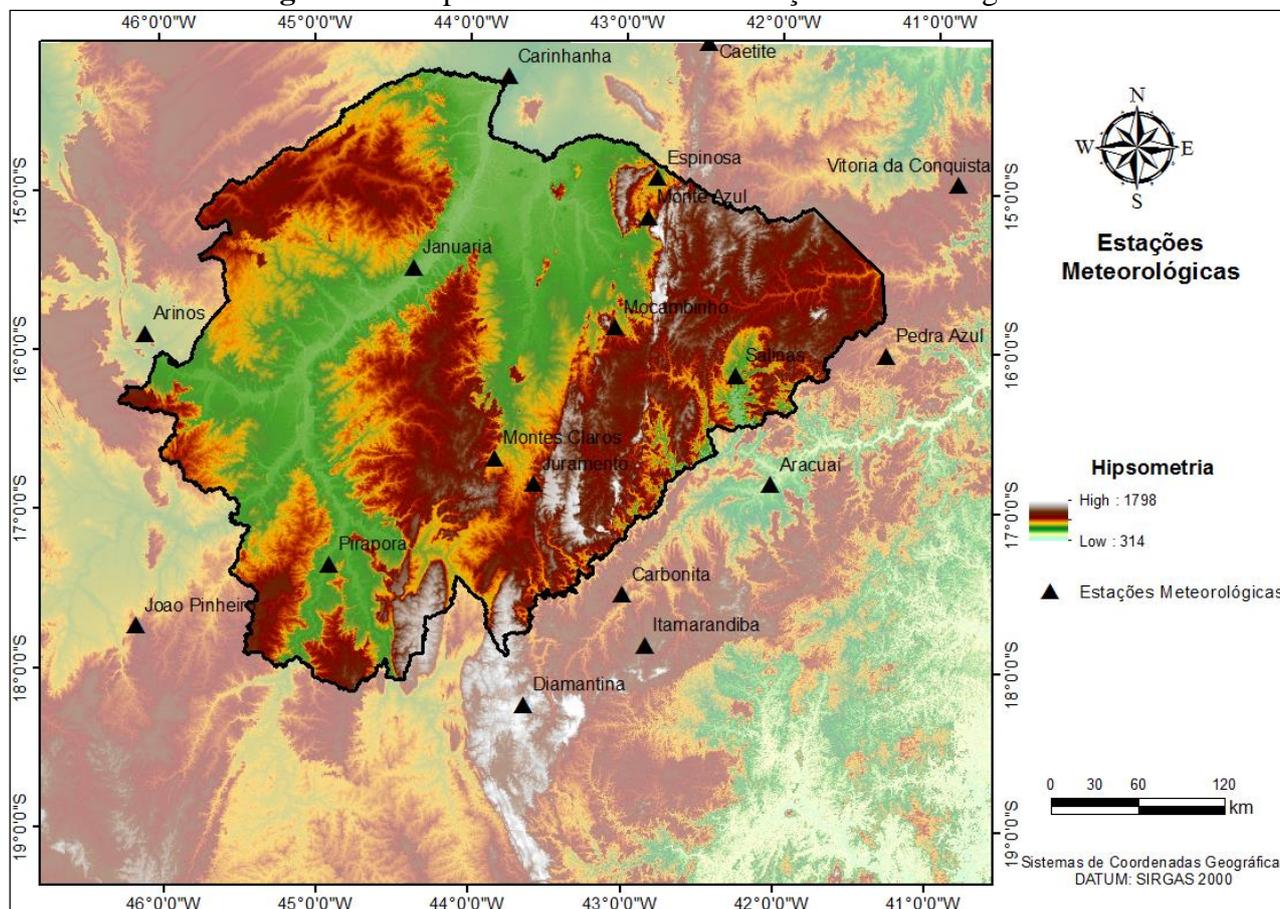
Tabela 5 – Classes e pesos para o atributo índice de aridez

Classes de Susceptibilidade	Peso	Índice de Aridez	Zonas Climáticas
Muito Baixa	1	> 0,65	Subúmido Úmido
Baixa	2	0,65 - 0,50	Subúmido Seco
Média	3	0,50 - 0,20	Semiárido
Alta	4	0,20 - 0,05	Árido
Muito Alta	5	< 0,05	Hiperárido

Fonte: Santos e Galvêncio (2013).

Para se realizar o estudo a seguir, foram utilizados dados de estações meteorológicas situadas dentro da região de estudo e circunvizinhas. Todos os dados obtidos foram adquiridos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Mapa das localidades das estações meteorológicas



Fonte: INMET (2014).

Os dados levantados tiveram séries temporais de trinta anos (1983 – 2013), no entanto, algumas estações por não terem dados completos, obtiverem uma série temporal menor; essa série histórica se faz necessário para dar confiabilidade aos dados climatológicos, aumentando a precisão.

Após a tabulação dos dados da série temporal foi calculada a precipitação anual média para as 20 estações em estudo, com os dados obtidos do INMET, descritas na Tabela 6.

Tabela 6 – Precipitação média anual (mm) das estações com base numa série histórica de 30 anos

Estação	UF	Precipitação média anual (mm)
Caetité	BA	764,11
Carinhanha	BA	765,82
Correntina	BA	921,89
Vitoria da Conquista	BA	724,34
Araçuaí	MG	755,66
Arinos	MG	1.155,31
Carbonita	MG	1.026,38
Diamantina	MG	1.352,57
Espinosa	MG	712,37
Itamarandiba	MG	1.073,40
Januária	MG	956,12
João Pinheiro	MG	1.363,63

Juramento	MG	949,53
Mocambinho	MG	824,26
Monte Azul	MG	762,15
Montes Claros	MG	1.056,20
Paracatu	MG	1.479,69
Pedra Azul	MG	862,07
Pirapora	MG	1.122,58
Salinas	MG	863,97

Fonte: INMET (2014).

O processo de cruzamento dos dados, assim como a obtenção dos mapas foram trabalhados com o auxílio do geoprocessamento, tendo como suporte o *software* livre SPRING 5.2.2, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (CAMARA e AGUIAR, 1996) e pelo ARCGIS 10.2.2, sob licença do laboratório de geoprocessamento das Faculdades Santo Agostinho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise das precipitações médias nos municípios do norte de Minas, verifica-se que a mesorregião não possui localidades com índices pluviométricos inferiores a 500 mm.ano⁻¹. Observa-se que a menor ocorrência de chuvas se encontra na estação localizada no município de Espinosa com 712,37 mm.

Para sequência deste estudo foi calculada a Evapotranspiração Potencial obtida através do Modelo de Balanço Hídrico Sequencial de Thornthwaite e Mather (1948). A evapotranspiração anual de cada estação está descrita na Tabela 7.

Observa-se que 17 estações estudadas apresentam uma taxa de evapotranspiração acima de 1.000 mm, com exceção das estações de Vitória da Conquista, Diamantina e Itamarandiba. Ao comparar a taxa de evapotranspiração com os dados de pluviosidade nota-se um déficit hídrico, onde a perda por evapotranspiração é superior aos índices pluviométricos.

As estações localizadas nos municípios de Carinhanha, Araçuaí e Arinos obtiveram os maiores valores de evapotranspiração, com taxa superior a 1.400 mm. Comparando os índices pluviométricos com a evapotranspiração das estações de Carinhanha e Araçuaí obteve-se uma variação acima de 765,82 e 755,66 mm de pluviosidade respectivamente.

Quanto ao índice de aridez, este é apresentado pela Figura 4.

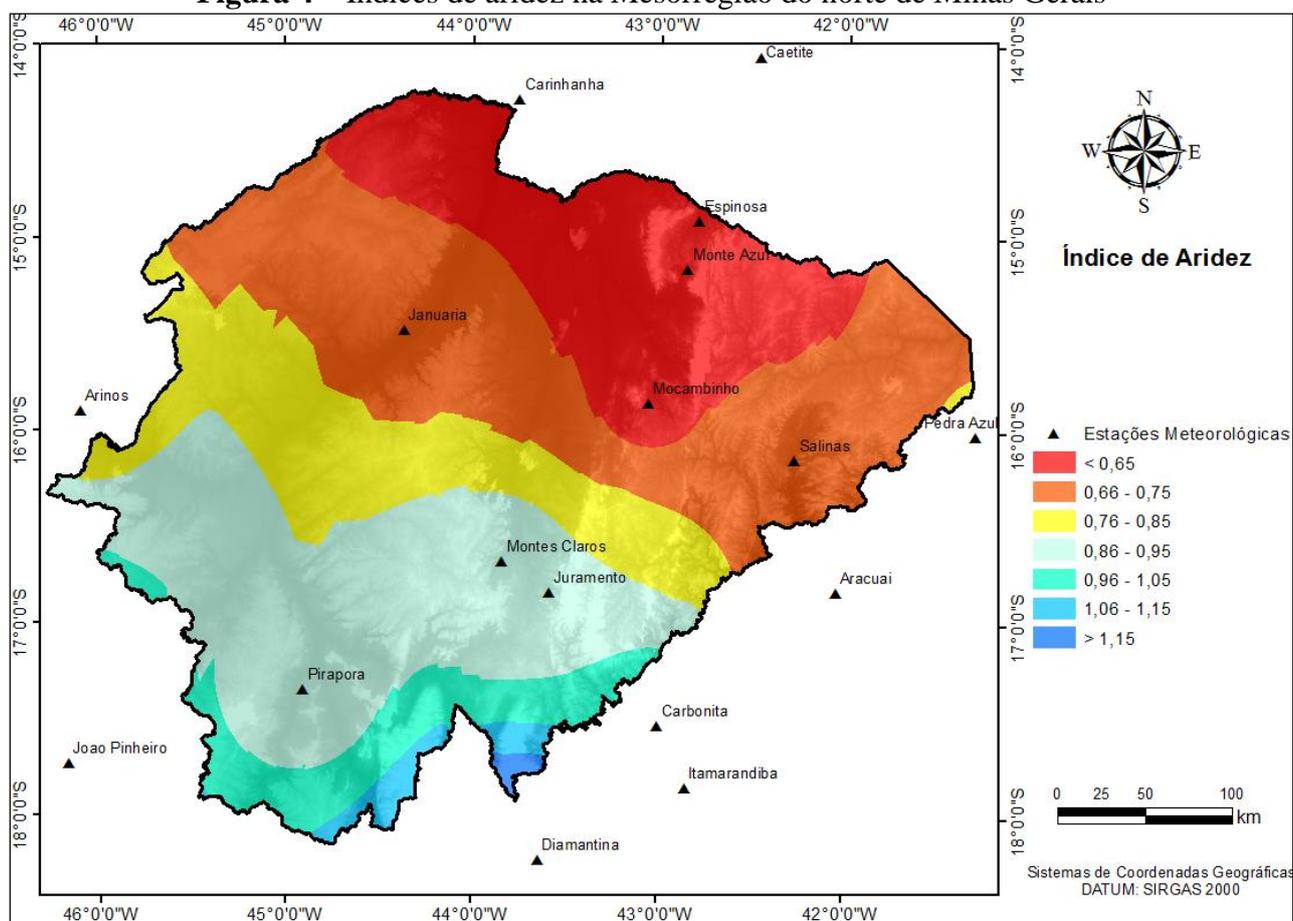
Tabela 7 – Evapotranspiração anual – ETP (mm) pelo Modelo de Balanço Hídrico Sequencial de Thornthwaite e Mather (1948)

Estação	UF	Evapotranspiração Anual - ETP (mm) por Thornthwaite (1948)
Caetité	BA	1.062,04
Carinhanha	BA	1.469,96
Correntina	BA	1.290,95
Vitória da Conquista	BA	931,98
Araçuaí	MG	1.417,10
Arinos	MG	1.435,23
Carbonita	MG	1.014,32
Diamantina	MG	843,64
Espinosa	MG	1.365,24
Itamarandiba	MG	931,21
Januária	MG	1.291,76
João Pinheiro	MG	1.214,45
Juramento	MG	1.116,58

Mocambinho	MG	1.350,59
Monte Azul	MG	1.367,41
Montes Claros	MG	1.169,52
Paracatu	MG	1.200,24
Pedra Azul	MG	1.107,24
Pirapora	MG	1.306,55
Salinas	MG	1.226,65

Fonte: Rolim; Sentelhas; Barbieri (1998).

Figura 4 – Índices de aridez na Mesorregião do norte de Minas Gerais



Em relação ao índice de aridez, quanto mais próximo de zero, maior o caráter árido da região. Sendo assim, de acordo com a Figura 4 nota-se que os valores críticos se localizaram no extremo norte da região, onde estão localizadas as estações de Espinosa, Monte Azul e Mocambinho.

A Tabela 8 apresenta o índice de aridez em função da área ocupada por cada classe.

Tabela 8 – Índice de Aridez da área ocupada por cada classe e respectivo percentual

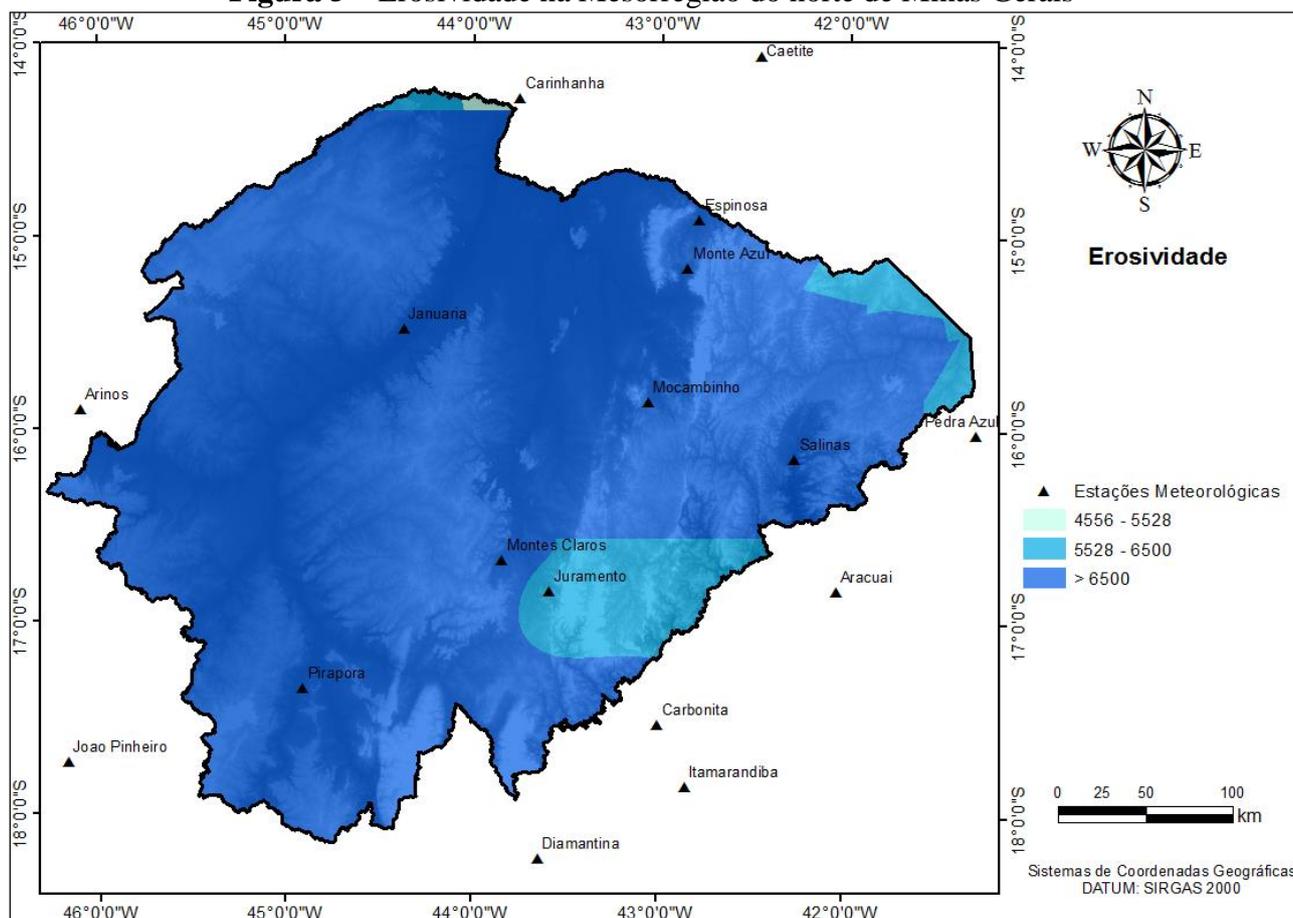
Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
< 0,65	25.308,20	19,75
0,66 - 0,75	37.885,95	29,56
0,76 - 0,85	20.272,85	15,82
0,86 - 0,95	33.417,38	26,08
0,96 - 1,05	8.857,26	6,91
1,06 - 1,15	1.979,73	1,54
> 1,15	429,85	0,34
Total	128.151,2	100

De acordo com a Tabela 8, observa-se em destaque a classe 0,66 - 0,75, representando 29,56% da área, o que corresponde a 37.885,95 km²; em seguida tem-se a classe 0,86 - 0,95 que representa 26,08% da área, perfazendo 33.417,38 km². Cabe ressaltar que a classe que apresentou o valor crítico, ou seja, com valores mais próximos de zero, foi a classe < 0,65 que esteve presente em 19,75% da área, compreendendo 25.308,20 km², sendo classificada, de acordo com o Tabela 5, como Subúmido Seco.

Os maiores valores do índice de aridez, a classe acima de 0,95, podem ser notados na região sul do norte de Minas Gerais, local onde se encontra as estações de Juramento, Montes Claros e Pirapora.

O mapa apresentado na Figura 5 foi elaborado em função das classes de erosividade.

Figura 5 – Erosividade na Mesorregião do norte de Minas Gerais



De acordo com a Figura 5, pode-se observar uma predominância dos valores acima de 6.500 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹; este valor classifica a erosividade como muito alta de acordo com a Tabela 3, e este resultado pode ser explicado pelos valores de precipitação todos acima de 700 mm, que ao se tratar de erosividade, reflete negativamente.

A Tabela 9 representa as classes de erosividade em função da área e sua representatividade em porcentagem.

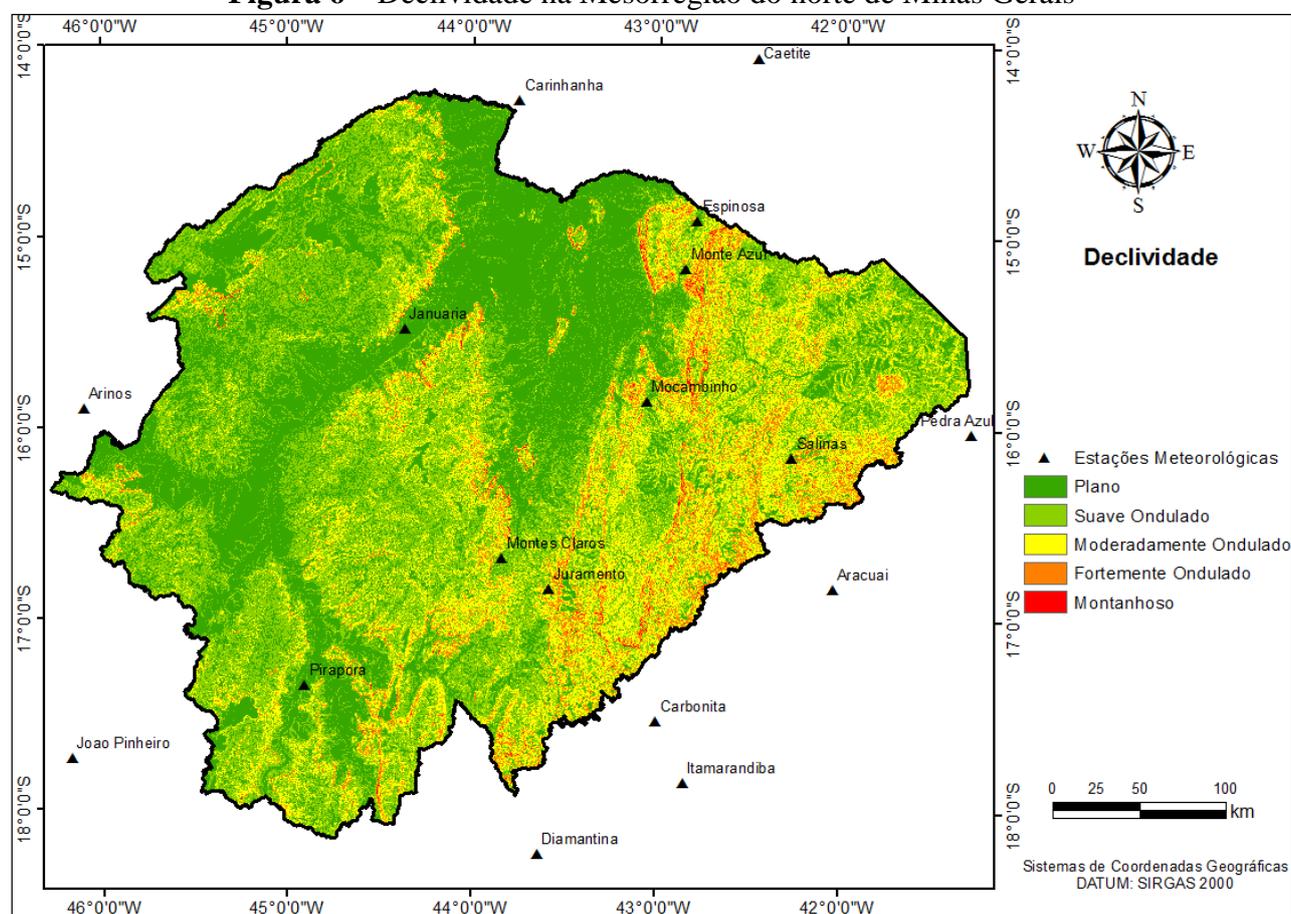
Na Tabela 9 a classe de maior abrangência foi a maior que 6.500 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹, que representou 92,33 % da área, perfazendo 118.317,53 km².

Outra classe de erosividade descrita na Tabela 9 foi de 5.528 – 6.500 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹, que representou 7,54 % da área, cerca de 9.661,37 km², classificado na Tabela 3 com alta susceptibilidade a erosão das chuvas. As outras classes não foram representativas, o que fez este atributo ter uma susceptibilidade de alta a muito alta.

Tabela 9 – Erosividade da área ocupada por cada classe e respectivo percentual

Classes (MJ.mm.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Área (km ²)	Porcentagem (%)
< 3.584	0,00	0,00
3.584 – 4.556	0,00	0,00
4.556 – 5.528	172,31	0,13
5.528 – 6.500	9.661,37	7,54
> 6.500	118.317,53	92,33
Total	128.151,21	100,00

Neste trabalho os dados SRTM foram utilizados para a elaboração e espacialização do mapa de declividade, apresentado abaixo (Figura 6).

Figura 6 – Declividade na Mesorregião do norte de Minas Gerais

De acordo com a Figura 6, pode-se observar que no norte de Minas, não se encontram áreas com grandes declividades.

A Tabela 10 abaixo apresenta as classes de declividade em função da área e representatividade em porcentagem.

De acordo com a Tabela 10 as classes “Montanhoso” e “Fortemente Ondulado”, ou seja, classes que tem uma inclinação maior que 20%, representam juntas aproximadamente 6% da área, com uma área de 7.283,22 km².

Nota-se que houve uma predominância das classes “Plana” a “Suavemente Ondulada”, que juntas compreendem 94.672,71 km², que representa 73,90 % da área, o que para os processos de

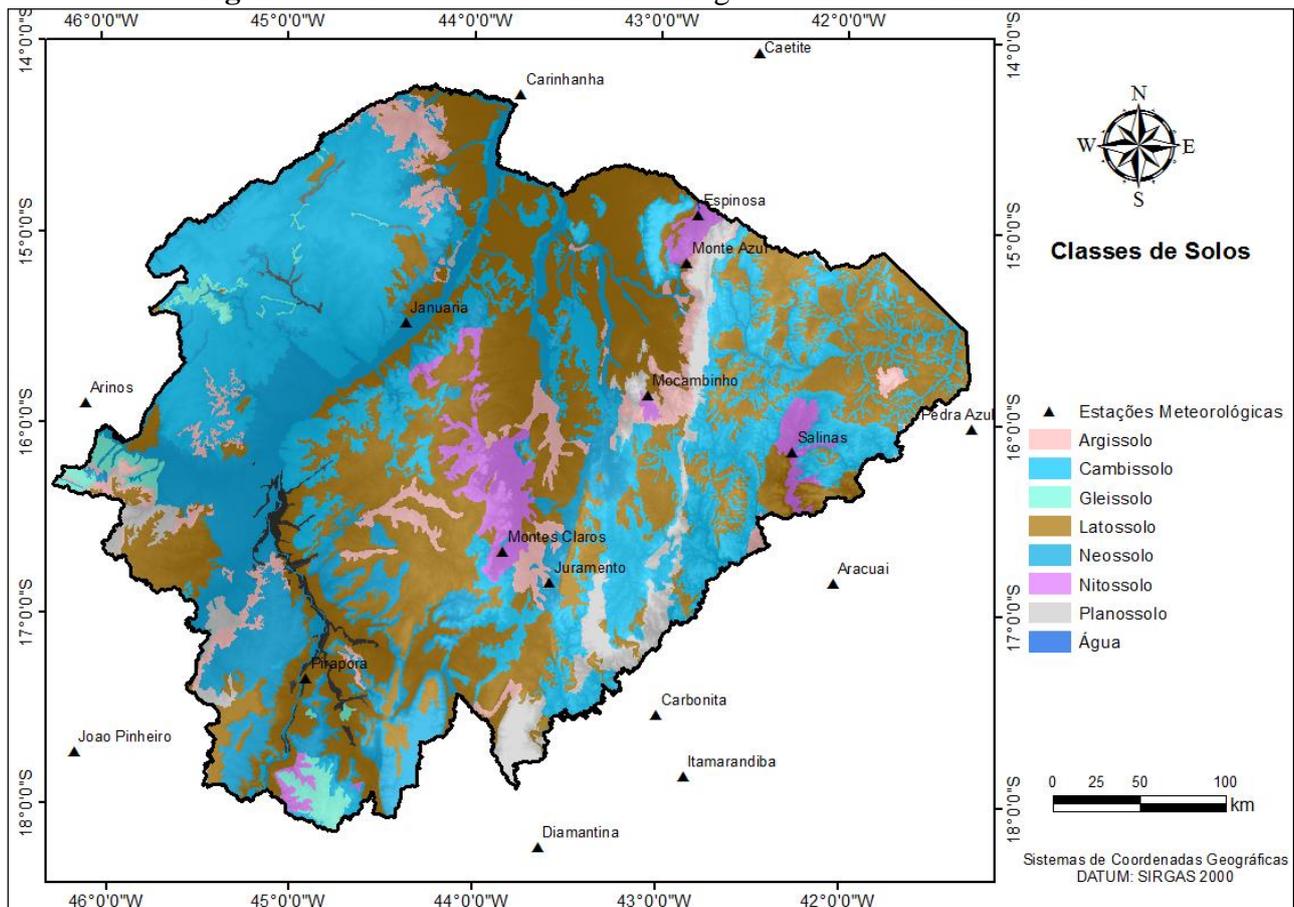
desertificação representa de Baixa a Muito Baixa susceptibilidade (Tabela 1), evitando, por outro lado, problemas com escoamento superficial, fazendo com que a água das chuvas infiltre mais facilmente.

Tabela 10 – Declividade da área ocupada por cada classe e respectivo percentual

Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Plano	47.647,30	37,20
Suave Ondulado	47.025,41	36,71
Moderadamente ondulado a Ondulado	26.145,17	20,41
Fortemente Ondulado	6.881,76	5,37
Montanhoso	401,46	0,31
Total	128.151,21	100,00

Os atributos pedológicos são de grande importância no estudo da desertificação, pois ao analisar os tipos de solos existentes em cada localidade, podem-se definir características importantes, principalmente pela fragilidade ligada a cada classe. Neste sentido foi elaborado o mapa de classes de solos, seguido da tabela com seus respectivos percentuais (Figura 7 e Tabela 11).

Figura 7 – Classes de Solos na Mesorregião do norte de Minas Gerais



Fonte: UFV et al. (2010).

Tabela 11 – Tipo de Solo da área ocupada por classe e respectivo percentual

Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Latossolo	46.785,49	36,52
Cambissolo	38.807,86	30,29
Neossolo	23.158,63	18,08
Argissolo	6.933,62	5,41
Planossolo	5.539,24	4,32
Nitossolo	4.784,26	3,73
Gleissolo	2.082,72	1,63
Luvissolo	0,00	0,00
Plintossolo	0,00	0,00
Água	9,29	0,01
Total	128151,21	100,00

Na região existe um predomínio dos Latossolos em 36,52% da área, que representa 46.785,49 km², sendo classificada de acordo com a Tabela 2, como muito baixa susceptibilidade a desertificação.

Segundo a EMBRAPA (2006), os latossolos são solos em avançado processo de intemperização, muito evoluídos, variando de fortemente drenados a bem drenados, normalmente muito profundos, com espessura raramente inferior a 1 metro; tais características explicam a baixa susceptibilidade à desertificação.

Em seguida tem-se os Cambissolos que ocupam 38.807,86 km² da área, o que representa 30,29 %, que tem uma Alta Susceptibilidade à desertificação de acordo com a Tabela 2. A EMBRAPA (2006) caracteriza esses solos com constituição primária de materiais minerais, que devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, tem muita variação de local para outro, são solos que variam de fortemente até imperfeitamente drenados, indo de rasos a profundos.

Os Neossolos com 23.158,63 km², que correspondem a 18,05%, são classificados como Muito Alta susceptibilidade à desertificação, e, de acordo com a EMBRAPA (2006), são solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que apresentam baixas alterações, devido ao seu material originário de difícil intemperização.

As classes de solo; Argissolo, Planosso, Nitossolo e Gleissolo, que juntas representam 19.339,83 km², com aproximadamente 15,10%, foram classificadas de acordo com a Tabela 2 como “Baixa”, “Média”, “Muito Alta”, “Muito Alta” susceptibilidade à desertificação.

O atributo de cobertura do solo se tornou de grande relevância em estudos de degradação ambiental, pois através dele pode-se estimar como estão sendo utilizadas as terras. Para aperfeiçoar esses estudos, imagens de satélites têm sido usadas na identificação e monitoramento de grandes áreas, o que facilita e otimiza o processo.

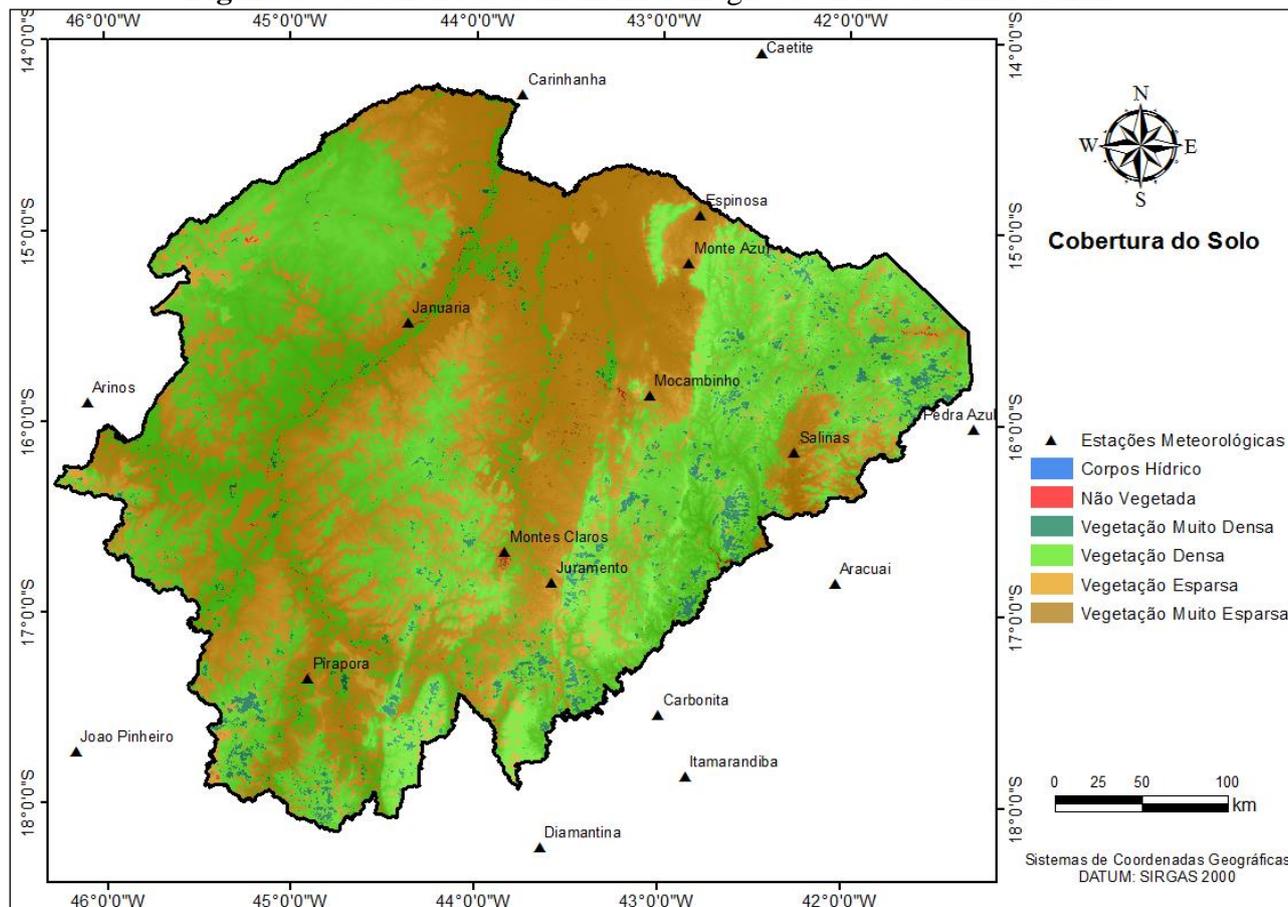
Neste sentido foi elaborado o mapa de cobertura do solo, apresentando na Figura 8.

De acordo com a Figura 8, grande parte da vegetação está entre as classes de Vegetação Densa e Vegetação Esparsa, classes essas que de acordo com a Tabela 4, variam de Baixa a Média Susceptibilidade à Desertificação. As classes de cobertura do solo foram representadas na Tabela 12.

Analisando a Tabela 12, a Vegetação Esparsa abrange uma área de 60.516,94 km², que representa 47,22 %, e a Vegetação Densa abrange 63.483,84 km², que representa 49,54%. Vale ressaltar que se trata de uma vegetação de cerrado, que quando se cita a classe de Vegetação Muito Densa, faz-se referência ao denominado Cerradão que têm por características plantas arbóreas bem adensadas, e a Vegetação Densa ao cerrado comum com vegetação mais rasteira.

A região central e o extremo norte (Figura 8) são as regiões que mais sofreram pressões antrópicas com mais intensidade, podendo ser resultantes de desmatamento, agricultura, entre outras.

A Susceptibilidade Ambiental à Erosão tem como principal característica representar a fragilidade ambiental da região, de modo que reflita no quanto está susceptível a processos erosivos.

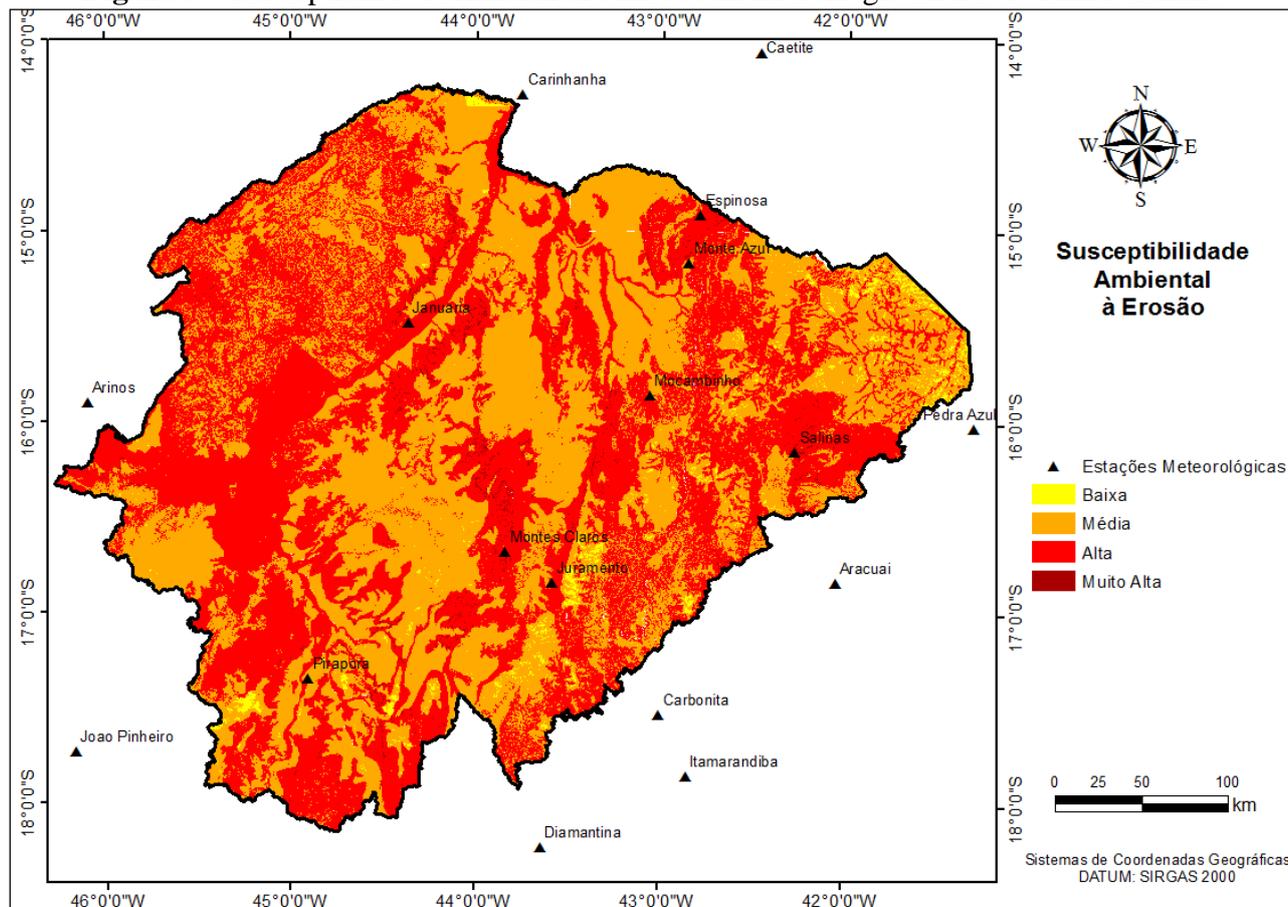
Figura 8 – Cobertura do Solo na Mesorregião do norte de Minas Gerais**Tabela 12 – Cobertura de Solo da área ocupada por cada classe e respectivo percentual.**

Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Corpos Hídricos	0,75	0,00
Não Vegetada	117,75	0,09
Vegetação Bastante Esparsa	481,63	0,38
Vegetação Esparsa	60.516,94	47,22
Vegetação Densa	63.483,84	49,54
Vegetação Muito Densa	3.550,31	2,77
Total	128.151,21	100,00

Segue abaixo o mapa de Susceptibilidade Ambiental à Erosão e a Tabela de representatividade de cada classe (Figura 9, Tabela 13).

Por meio da Figura 9, observa-se uma maior abrangência da classe de Alta Susceptibilidade Ambiental à Erosão, o que pode ser explicado principalmente pelas classes de solos encontrados nestas regiões, onde predominam Neossolos e Cambissolos, classes de solos que apresentam de Muito Alta a Alta sensibilidade a processos erosivos, perfazendo uma área de 65.010,95 km², que representa 50,73% (Tabela 13).

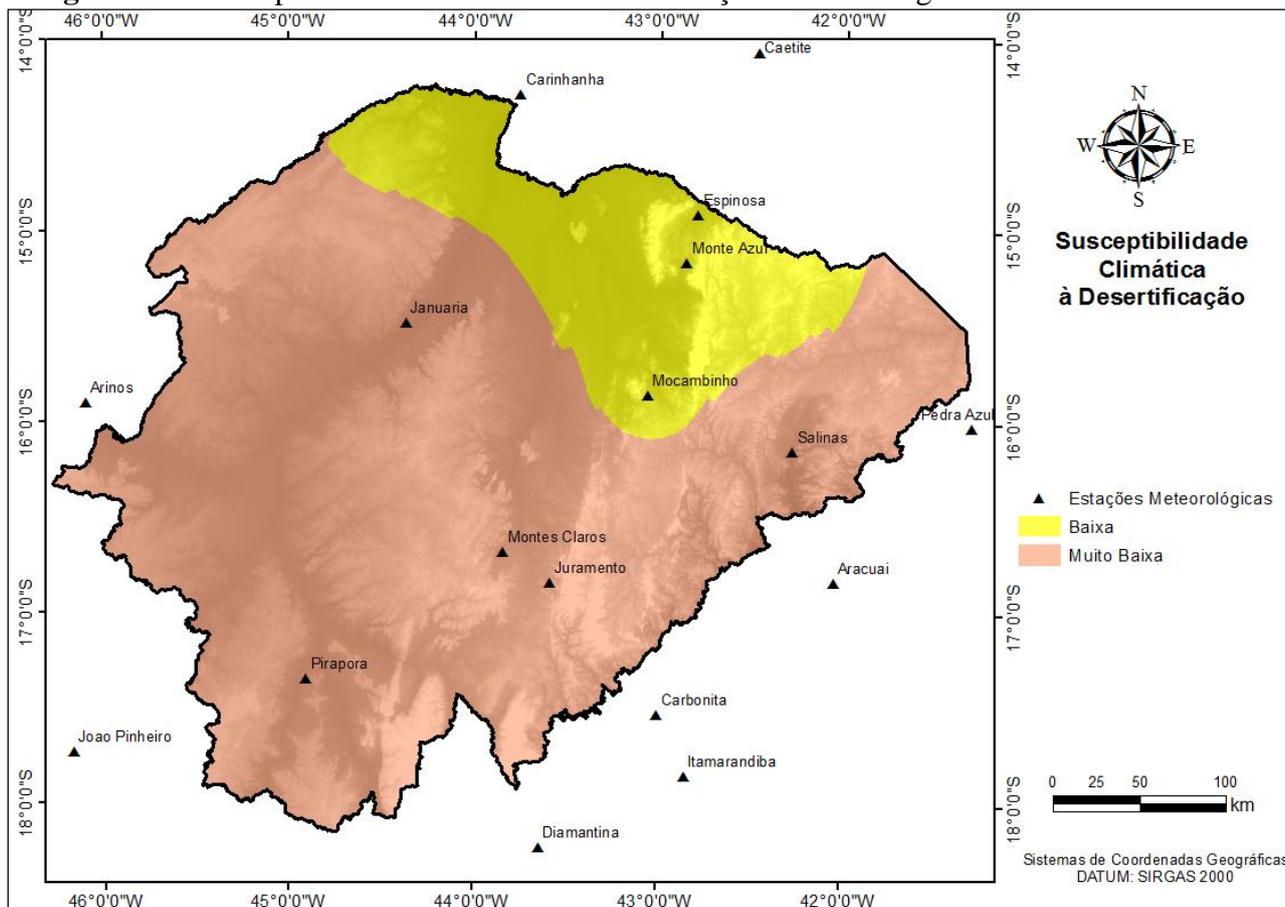
Outra classe representativa foi a de Média Susceptibilidade Ambiental à Erosão. Este resultado se deu principalmente por se tratar de regiões de relevos planos ou suavemente ondulados, junto ao fator tipo de solo onde há um predomínio da Latossolos, com características marcantes por ser bem estruturado e bem drenado, o que diminui o processo erosivo destas regiões, perfazendo uma área 60.704,04 km², que representa 47,37% (Tabela 13).

Figura 9 – Susceptibilidade Ambiental à Erosão na Mesorregião norte de Minas Gerais.**Tabela 13** – Susceptibilidade Ambiental à Erosão da área ocupada por cada classe e respectivo percentual

Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Muito Baixa	0,00	0,00
Baixa	1.553,36	1,21
Média	60.704,04	47,37
Alta	65.010,95	50,73
Muito Alta	882,86	0,69
Total	128.151,21	100,00

A Susceptibilidade Climática à Desertificação tem como principal característica, representar a fragilidade climática da região, de modo que reflita no quanto está susceptível ao processo de desertificação. A Figura 10 e a Tabela 14 apresentam a espacialização da Susceptibilidade Climática à Desertificação e a representatividade de cada classe.

Conforme a Figura 10 verifica a presença de duas classes: Muito Baixa e Baixa Susceptibilidade Climática à Desertificação. Esta questão pode ser explicada pelos valores dos índices pluviométricos, que para a região do norte de Minas Gerais não são considerados baixos, todos acima de 500 mm, podendo notar que a região com maior susceptibilidade foi onde se encontram as estações de Espinosa, Mocambinho e Monte Azul. Nesta região as classes, Muito Baixa e Baixa, totalizaram uma área de 102.843,01 e 25.308,20 km² respectivamente (Tabela 14).

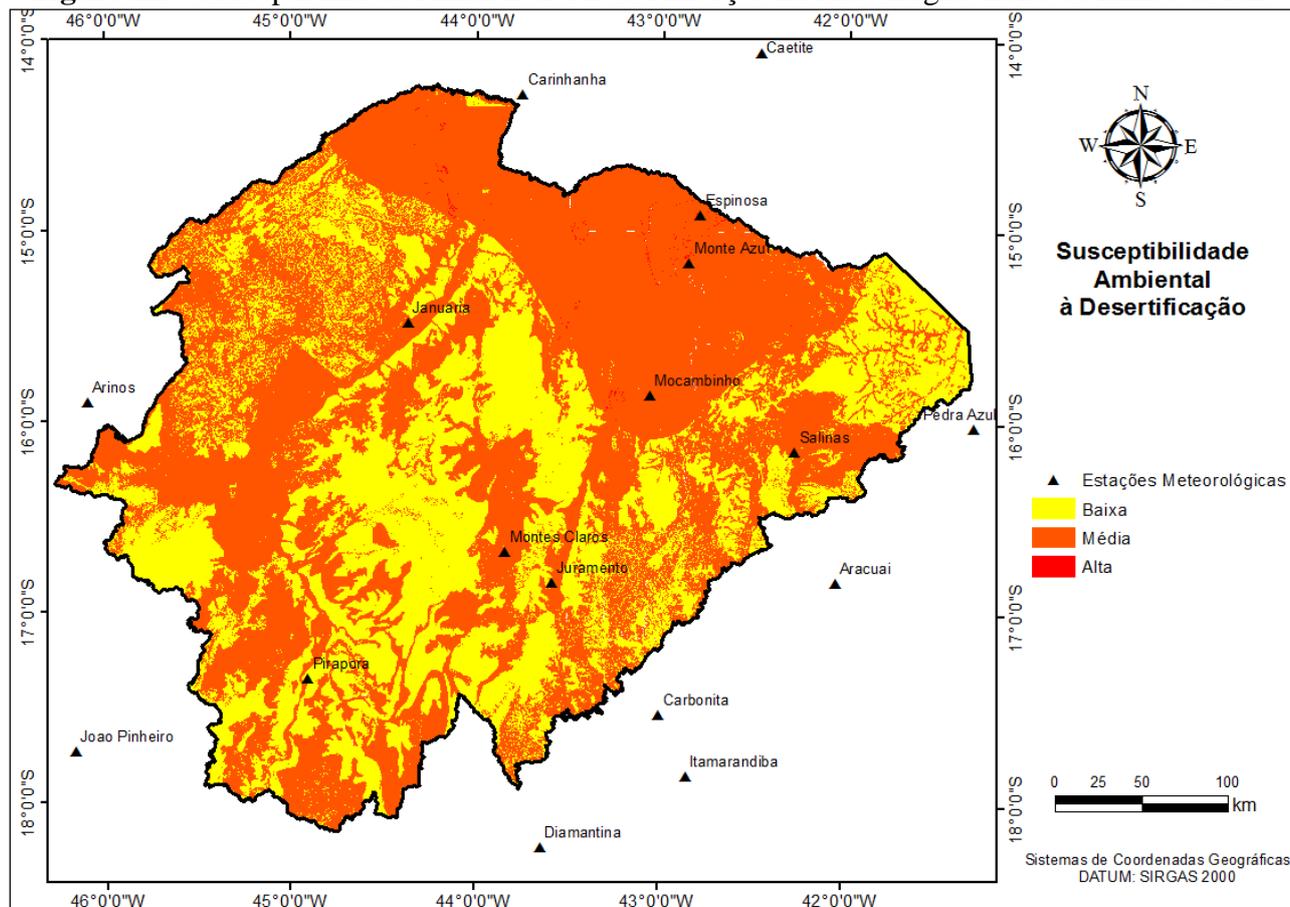
Figura 10 – Susceptibilidade Climática à Desertificação na Mesorregião norte de Minas Gerais**Tabela 14** – Susceptibilidade Climática à Desertificação da área ocupada por cada classe e respectivo percentual

Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Muito Baixa	102.843,01	80,25
Baixa	25.308,20	19,75
Média	0,00	0,00
Alta	0,00	0,00
Muito Alta	0,00	0,00
Total	128.151,21	100,00

O Mapa de Susceptibilidade Ambiental à Desertificação apresentado na Figura 11 representa o cruzamento dos atributos ambientais, descritos e discutidos anteriormente. Assim o grau de degradação da região do norte de Minas Gerais, aponta um resultado de diversos fatores que influenciam e geram uma fragilidade ambiental das áreas.

Analisando a Figura 11, nota-se que grande parte do norte de Minas Gerais se encontra com Média Susceptibilidade Ambiental à Desertificação, área total de 79.432,46 km², que representa 61,98% (Tabela 15) do extremo norte de Minas Gerais, onde se encontram as estações de Espinosa, Mocimbinho e Monte Azul. Note-se que a classe de maior preocupação, a de Muito Alta Susceptibilidade, não apareceu na área.

A Classe de Baixa Susceptibilidade (Tabela 15) apresentou em 48.602,65 km², representando 37,93 % da área. Vale ressaltar que o processo de desertificação acontece de forma contínua, e que se não remediado, tende-se a agravar com o passar dos anos.

Figura 11 – Susceptibilidade Ambiental à Desertificação na Mesorregião norte de Minas Gerais**Tabela 15** – Susceptibilidade Ambiental à Desertificação da área ocupada por cada classe e respectivo percentual

Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Muito Baixa	0,00	0,00
Baixa	48.602,65	37,93
Média	79.432,46	61,98
Alta	116,10	0,09
Muito Alta	0,00	0,00
Total	128.151,21	100,00

3 CONCLUSÃO

Com o diagnóstico do processo de Desertificação da Mesorregião norte de Minas Gerais, verifica-se que a maior parte da região, 61,98% encontra-se com média susceptibilidade à desertificação.

Por meio dos Mapas temáticos dos Atributos Ambientais (Índice de aridez, Relevo, Solos, Erosividade e Cobertura do Solo) gerados, foi possível estabelecer relação dos fatores ambientais, com o processo de desertificação.

O mapa de Susceptibilidade Ambiental à Desertificação elaborado demonstrou de forma satisfatória as áreas mais afetadas pela desertificação.

Assim, alguns pontos críticos foram identificados como as localidades próximas às estações de Espinosa, Monte Azul e Mocaminho, que exigem uma maior preocupação com o avanço das ações antrópicas acelerando e intensificando o processo de desertificação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Norte de Minas – IFNM, Campus Januária, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio e incentivo.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, I. F. P.; NUNES, Y. R. F.; VELOZO, M. D. M.; NEVES, W. V.; FERNANDES, G. W. Preservação Estratégica para Recuperar o São Francisco. **Scientific American Brasil**, v. 83, p. 74-79, 2009.

BARROS, K. O. **Índice de Aridez como indicador da Susceptibilidade à Desertificação na Mesorregião Norte de Minas**. Monografia (Conclusão de Curso – Bacharel em Geografia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2010, 89p.

BERTONI, J.; LOMBARDI, N. F. **Conservação do Solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca**. p. 14-40, Brasília-DF, 2004.

CÂMARA, G e AGUIAR, A. P. (eds.), **SPRING Programming Manual**. São José dos Campos, INPE (1996).

COSTA, D. S. M.; RUAS, K. F.; PEREIRA, A. M. As Potencialidades da Região Semiárida do Norte de Minas Gerais: Análise do Centro de Estudos de Convivência com o Semiárido. **Anais... XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS**. Porto Alegre-RS. 2010.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T; BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico - Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE: São José dos Campos, 2001.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F.; SILVA, E. F. Zoneamento Ecológico-Econômico. In. FLORENZANO, T.G. (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias**. Atuais. São Paulo: Oficina de textos, p.285-318, 2008.

EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. In: Reunião técnica de levantamento de solos. Rio de Janeiro, 1979.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. Brasília/ Rio de Janeiro: 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 11 mar. 2014.

GALVÃO, A. C; RODRIGUES, R. F. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 21 ago. 2014.

MOREIRA, A. A. **Análise da Seca/Estiagem no Norte do Estado de Minas Gerais a partir de dados MODIS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2016.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p. 133 – 137,1998.

SANTOS, A. M.; GALVÍNIO, J. D. Mudanças Climáticas e Cenários de Susceptibilidade Ambiental à Desertificação em Municípios do Estado de Pernambuco. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 5, n. 14, p. 66-83, 2013.

SANTOS, M. A. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para identificação da cobertura fitogeográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Goiana – PE. II Simpósio de Geografia Física do NORDESTE, João Pessoa - PB, 2008. **Anais...** João Pessoa, PB, 2008. p.1-9.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e Desertificação. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2010.

Data de submissão: 24.04.2015

Data de aceite: 03.08.2017

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.