

Mudanças climáticas e a Geopotencialidade à fruticultura em municípios de Pernambuco: subsídios à agricultura familiar

Climate change and Geopotential to horticulture in the municipalities of Pernambuco: subsidies for family agriculture

Pedro dos Santos Ferreira

Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
pedro_spe@hotmail.com

Viviane Pedroso Gomes

Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
vivianegomesgeo@gmail.com

Antonio Marcos dos Santos

Professor do curso de Geografia da
Universidade de Pernambuco (UPE)
geo_fisica@yahoo.com.br

Weronica Meira de Souza

Professora da Unidade Acadêmica de Garanhuns da
Universidade Federal Rural de Pernambuco
veronicameira@gmail.com

Josiclêda Domiciano Galvêncio

Professora do programa de pós-graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPE
josicleda@hotmail.com

Artigo recebido para revisão em 13/02/2016 e aceito para publicação em 03/03/2016

Resumo

As mudanças climáticas representam grande ameaça à produtividade agrícola, sobretudo do pequeno e médio produtor. Diante disso, o presente artigo expõe o mapeamento da Geopotencialidade à fruticultura em municípios do estado de Pernambuco, levando em consideração o cenário de mudanças climáticas B2. Para realização do presente estudo foram levantados dados referentes ao tipo de uso e cobertura das terras, características dos solos, geomorfologia, número de meses secos e deficiência hídrica. Posteriormente, para a obtenção da carta de Geopotencialidade à fruticultura, os referidos atributos foram cruzados com auxílio de um software de Geoprocessamento. Para simulação de clima futuro, foi utilizado o cenário B2 (otimista) do modelo climático regional PRECIS, para o ano de 2050. Os resultados indicam um crescimento significativo das áreas de baixo Geopotencial à fruticultura. Considerando que as áreas vegetadas são classificadas como impróprias para o desenvolvimento da agricultura (proposta de conservação), constata-se que os perímetros classificados como de alta Geopotencialidade à fruticultura, praticamente desaparecem na simulação para o ano de 2050. Tal fato só veio a confirmar a grande importância das variáveis climáticas para o estudo. Nesse sentido, é fundamental traçar planos e metas para tentar minimizar os efeitos causados

pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino, uma vez que a região enfrenta naturalmente problemas relacionados a escassez hídrica.

Palavras-chave: caatinga; déficit hídrico; meses secos; semiárido, irrigação.

Abstract

Climate change is major threat to agricultural productivity especially for small and medium producer. Therefore, this article presents the mapping of Geopotential to fruit-growing municipalities in the state of Pernambuco, taking into account some of the climate change scenarios. To carry out this study data was collected on the type of land use and land cover, soil characteristics, geomorphology, number of dry months and water stress. Subsequently, to obtain the letter of Geopotential to fruit, these attributes were crossed with the aid of GIS software. To simulate future climate, we used the B2 scenario (optimistic) regional climate model PRECIS, for the year 2050. The results indicate a significant increase in low areas geopotential to fruit. Whereas the vegetated areas are classified as unfit for the development of agriculture (conservation proposal), it appears that the perimeters classified as high Geopotential to fruit, practically disappear in the simulation for the year 2050. This fact only came to confirm the great importance of climate variables for the study. In this sense, it is essential to draw plans and goals to try to minimize the effects caused by climate change in semi-arid northeast, since there was already serious problems related area water availability.

Keywords: savanna; drought; dry months; semiarid, irrigation

1. INTRODUÇÃO

O clima é considerado fator que exerce grande influência sobre a agricultura, sendo esta, uma atividade de grande importância para garantia do bem-estar humano. No âmbito científico, a referida relação tem sido bastante discutida frente aos possíveis cenários climáticos projetados para o futuro. A questão também vem ganhando corpo entre líderes políticos e gestores públicos em razão da ameaça à segurança alimentar das populações, no presente e no futuro.

Espera-se que o aquecimento adicional de 0,6°C na média global, verificado durante a segunda metade do século XX, e o projetado até o ano de 2100 (2,6°C a 4,8°C), segundo relatórios publicados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), venha a influenciar diversas práticas de cultivos e a produção de insumos de origem animal. Entretanto, a natureza dos efeitos biofísicos e a capacidade de resposta a eles (adaptação) ainda são incertas (IPCC, 2007; 2013).

Dentro desse contexto, a comunidade científica, políticos e gestores públicos têm discutido possíveis alternativas para enfrentamento às mudanças climáticas, entre elas, a adoção de políticas que contribuam para o controle da emissão de gases do efeito estufa associados principalmente a queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso e cobertura das terras. Por outro lado, os efeitos não devem ser sentidos a curto e médio prazo, fato que denota a necessidade de adaptação dos agrossistemas às futuras configurações climáticas (SANTOS; GALVÍNCIO; MOURA 2010). Nesse sentido, Cunha et al. (2013) destacam que o investimento em projetos de irrigação, assim como métodos para otimização do uso da água, seria uma alternativa interessante no sentido de mitigar os

possíveis efeitos das mudanças climáticas sobre o setor de produção de alimentos, principalmente em países como o Brasil, onde encontra-se vasta disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas.

Vale ressaltar que a própria agricultura contribui para a intensificação do aquecimento global proporcionando o aumento da concentração de gases do efeito estufa como dióxido de carbono (CO₂), gás metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Do total de emissões, as atividades agrícolas são responsáveis por cerca de 20%, principalmente de CH₄ e N₂O, enquanto que o restante, e a maior parte do CO₂ liberado, são oriundos da queima de combustíveis fósseis, desmatamento e queimadas (SOUZA; AZEVEDO, 2009; SOUZA; PREZOTTI; MARTINS, 2012).

Genericamente, os sistemas agrícolas podem ser divididos e classificados como altamente intensivos, onde são utilizadas grandes extensões de terras, maquinários e agroquímicos; e de baixa entrada, que configura a agricultura familiar, voltada para abastecimento do mercado interno e subsistência das famílias rurais. No contexto das mudanças climáticas antropogênicas, a agricultura intensiva é responsável pela maior parte dos gases estufa liberados para a atmosfera. Entretanto, deverá ser menos afetada devido a melhor condição financeira e tecnológica, que deve permitir melhor adaptação aos cenários climáticos futuros, ao contrário dos agrossistemas mais rústicos que dispõem de poucos recursos (KATES, 2000; VERMEULEN; CAMPBELL; INGRAM, 2012).

Os cenários projetados a partir de diversos modelos climáticos baseados em forçantes controladoras como demografia, níveis de emissões e desenvolvimento tecnológico, indicam que os efeitos das alterações climáticas sobre o setor de produção de alimentos devem variar de região para região, a depender das condições físico-naturais e da estrutura socioeconômica.

Para os países do continente africano, asiático e da América Latina, as simulações indicam reduções significativas da produtividade, conforme apontam Jones ; Thornton (2003). Os autores avaliaram os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a produção de milho nas referidas regiões. Os resultados assinalam que, caso os níveis de emissões se mantenham, a produtividade do milho deve sofrer um decréscimo de 10% até o ano de 2055. O que segundo os pesquisadores representa um impacto econômico na ordem de 2 bilhões de dólares por ano.

Na China, país mais populoso do mundo, onde a demanda por alimentos supera a capacidade de produção, um dos problemas enfrentados para a manutenção dos sistemas agrícolas é o aumento da demanda de água para irrigação. Estudos desenvolvidos por Thomas (2007) indicam que de 1951 a 1990, foi constatado um significativo aumento do volume de água direcionado à agricultura irrigada, muito em função do acelerado ritmo de crescimento população chinesa. Thomas destaca que, para o futuro, a necessidade de incremento no quantitativo de água para a irrigação estará atrelado ao aumento da escassez hídrica nas regiões produtoras. Fato que deve exigir, também, a expansão das zonas de cultivo em razão da queda da produtividade.

Em países como Malavi, Camarões, República Democrática do Congo, Índia, entre outros, o declínio da produtividade agrícola está relacionado à redução da vazão média de várias bacias hidrográficas, fato que vem sendo verificado desde a década de 1980. O resultado desse quadro é o aumento da escassez de alimentos, aumento no desemprego e fuga de agricultores para os centros urbanos, entre outras implicações sociais (SANTOS et al., 2013).

Para a Europa, as alterações climáticas produzirão cenários diversos. De acordo com Olesen e Bindi (2002), que realizaram uma revisão da literatura sobre os possíveis efeitos das mudanças climáticas na agricultura europeia, a região norte do continente será afetada positivamente, com ganhos substanciais de áreas agricultáveis. Entretanto, será necessário adaptar os sistemas agrícolas atuais para o novo cenário climático que se desenha. Já para o Mediterrâneo, e maior parte da região Sul da Europa, os modelos projetam aumento expressivo da escassez hídrica, quadro que deve refletir na redução das áreas adequadas às culturas desenvolvidas atualmente.

Para o Brasil, os modelos climáticos empregados, em geral, projetam cenários que apontam para o aumento da temperatura média do ar em todo o território, com extremos de precipitação variando de acordo com a região. De acordo com Marengo (2006), o semiárido nordestino deve ser uma das regiões mais afetadas pelas mudanças de clima. O aquecimento adicional e a provável redução dos índices pluviométricos devem desencadear e acelerar processos de desertificação, aumentando ainda mais as áreas impróprias ao cultivo de várias espécies de vegetais agrícolas (SANTOS et al., 2013).

Inserida neste contexto, a agricultura familiar, da qual faz parte o pequeno e médio agricultor, é considerada como altamente vulnerável às mudanças de clima, dada a sua estruturação técnica e nível de conhecimento dos agricultores. O referido setor é de grande importância para as populações que vivem no semiárido, visto que é responsável por garantir o abastecimento interno, geração de empregos e renda para diversas famílias (EMBRAPA, 2008; FERNANDES, 2010).

Vale ressaltar que o aumento da demanda por terras agricultáveis, face aos cenários climáticos futuros, deve intensificar a pressão sobre as áreas de vegetações nativas, no caso do semiárido brasileiro, a caatinga. A falta de planejamento e de estudos mais aprofundados para a identificação de áreas adequadas ao desenvolvimento de atividades agropastoris contribui para a potencialização dos efeitos das mudanças climáticas. Nesse sentido, é importante salientar que os estudos propostos devem partir de análises integradas que permitam aos gestores traçar planos de manejo e conservação adequados, para melhor enfrentamento dos problemas socioambientais relacionados às mudanças de clima.

É nessa perspectiva que o presente estudo é desenvolvido, tendo como objetivo principal, mapear a Geopotencialidade à fruticultura em municípios do estado de Pernambuco, levando em consideração alguns dos cenários de mudanças climáticas. Vale salientar que não se trata de uma

análise referente à aptidão agrícola para determinada espécie frutífera, mas do potencial das terras destinadas a agricultura familiar para o plantio de espécies frutíferas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde à conjunção de 30 municípios pertencentes ao estado de Pernambuco (Figura 1). São municípios que apresentam diferentes tipologias climáticas, porém, com bases econômicas semelhantes, ou seja, todos com estrutura atrelada ao setor agrícola.

A população total da área estudada corresponde a 936.028 mil habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Sendo os municípios de Garanhuns, Belo Jardim e Arcoverde os mais populosos, com cerca de 129.408, 72.432 e 68.793, respectivamente. As menores populações estão concentradas nos municípios de Jucati, Brejão e Terezinha, com 10.604, 8.844 e 6.737 habitantes, respectivamente.

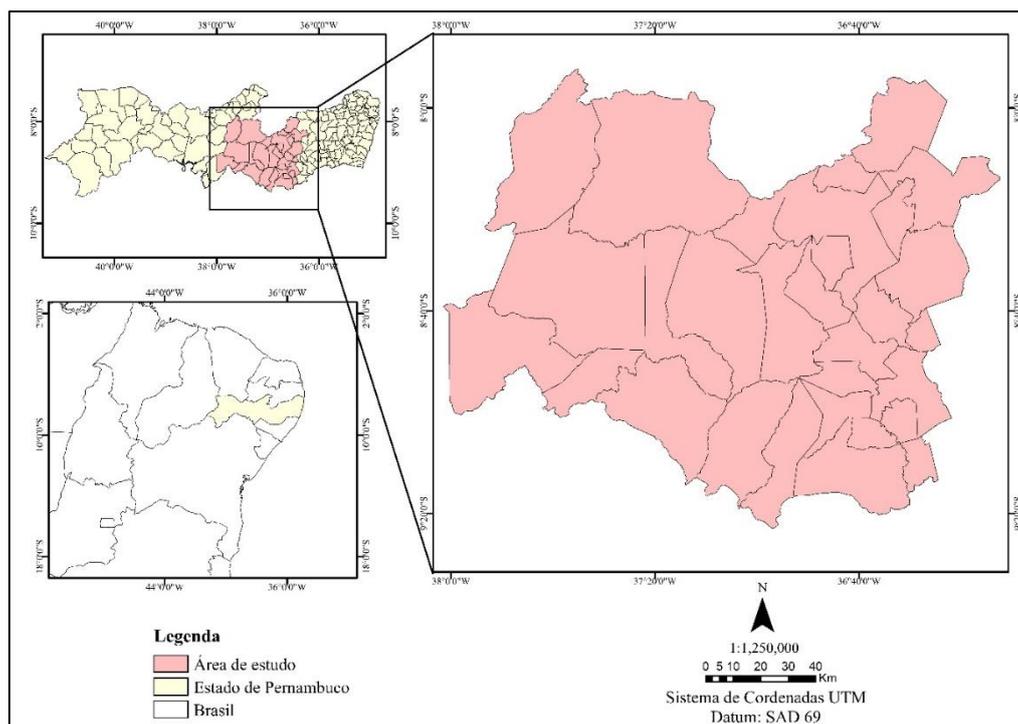


Figura 1: Localização da área de estudo

Fonte: Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) Elaboração dos autores

2.2. Procedimentos metodológicos

Para realização do presente estudo foram levantados dados referentes ao tipo de uso e cobertura da terra, características dos solos, geomorfologia, atributos climáticos, estes utilizados para calcular o número de meses secos e a deficiência hídrica na região.

2.2.1. Mapeamento do uso e cobertura da terra

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado a partir de uma imagem gerada pelo sensor *Thematic Mapper* (TM), acoplado ao satélite Landsat 5. O produto corresponde ao período de passagem do satélite sobre a área de estudo, em 28 de setembro de 2010, órbita 215, zona 66. A imagem encontra-se disponível para *download* gratuito no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Após aquisição da imagem, a etapa seguinte consistiu no georreferenciamento (registro) da mesma, calibração radiométrica e cálculo da reflectância. A partir de então, aplicou-se o método de classificação supervisionada para obtenção do mapa de uso e cobertura da terra. O mapeamento foi realizado com base em informações previamente coletadas em campo com auxílio de GPS (*Global Positioning System*), e no Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), descrito na Equação 1:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

Onde: *NIR* representa a refletância no infravermelho próximo (banda 4) e *R* representa a refletância no vermelho próximo (banda 3) do sensor TM do satélite Landsat.

2.2.2. Mapa de solos

Os tipos de solos encontrados na área de estudo foram obtidos a partir do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE), empreendido pela Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Após *download* da base de dados vetoriais, em formato *shapefile* (SHP), foram gerados os *layouts* finais em ambiente GIS.

2.2.3. Mapeamento da declividade

O mapeamento da declividade foi realizado a partir da imagem de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizada por Miranda (2005). A classificação das declividades foi realizada em ambiente GIS e obedeceu a critérios previamente estabelecidos pela EMBRAPA (1979).

2.2.4. Atributo climatológico

Os atributos climatológicos foram compostos pelo déficit hídrico e o quantitativo de meses secos. O primeiro componente, assim como o número de meses secos, foi calculado a partir do

Modelo de Balanço Hídrico Sequencial (MBHSeq) proposto por Thornthwait e Mather (1955), disponível em planilha *xls*, elaborada por Rolim et al. (1998). Para isto, foram necessários inserir no MBHSeq a normal climatológica de 1961 a 1990 referente a precipitação pluviométrica e a temperatura média do ar de 10 estações pluviométricas inseridas na área de estudo, adquiridos junto à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Foram necessárias também a inserção no MBHSeq das coordenadas geográficas e a altitude de cada estação junto com a capacidade de campo dos solos predominantes no local.

O déficit hídrico e a quantidade de meses secos foram especializados gerando mapas através do método de interpolação do *Inverse distance weighting* (IDW), considerado mais apropriado em função dos testes e resultados estatísticos gerados no ambiente GIS.

Para projeção do cenário futuro (2050), empregou-se os dados de precipitação pluviométrica e da temperatura média do ar projetadas pelo modelo *Providing Regional Climates for Impacts Studies* (PRECIS) no cenário de mudanças climáticas B2 considerado o mais otimista em relação aos demais cenários possíveis. Os dados foram organizados e disponibilizados para *download* pela EMBRAPA.

Os mesmos procedimentos realizados para a montagem do cenário climático atual foram adotados para obtenção do cenário climático futuro, apenas alterando a base de dados.

2.2.5. Cruzamento dos atributos geoclimáticos

Após mapeamento dos atributos geoclimáticos da área estudada, os mesmos foram divididos em classes, para as quais foram atribuídas notas referentes ao geopotencial à fruticultura. As notas estabelecidas no intervalo de 1 a 5, onde 1 representa muito baixo geopotencial à fruticultura, e a nota 5 é considerada como de muito alto geopotencial à fruticultura (Quadro 1).

Com base nas propostas metodológicas de Kouarou e Silva (2009), voltadas para a avaliação da Geopotencialidade agroterritorial em Côte d'Ivoire (Costa do Marfim), foi realizado o cruzamento dos atributos anteriormente mapeados a fim de obter a carta de Geopotencialidade à fruticultura irrigada, obedecendo ao método descrito na Equação 2:

$$Geop = \frac{UT + PE + GO + NM + DF}{5} \quad (2)$$

Onde: *UT* é a Geopotencialidade do Uso e Cobertura da Terra; *PE* é a Geopotencialidade do atributo Pedológico; *GO* é a Geopotencialidade do atributo Geomorfológico; *NM* é a Geopotencialidade para o atributo Número de Meses secos e *DF* representa a Geopotencialidade para o atributo deficiência hídrica na região.

Quadro 1: Atribuição de notas para os atributos Geoclimáticos adotados.

Geopotencialidade	Notas	Classes e Geoclimáticos					
		Geomorfológico		Pedológico	Uso da terra	Atributo Climático	
		Declividade (%)	Relevo	Classes de solos		Déficit hídrico	Número de meses secos
Muito baixa	1	< 45%	Montanhoso	Gleissolos e Neossolos Litólicos	Savana Estépica Florestada, Savana Estépica Arborizada e Influência Fluvial, Savana Estépica Parque	743,1 - 1092	9 - 10
Baixa	2	20 – 45%	Forte ondulado	Cambissolos, Planossolos, Neossolos Quartzarênicos.	---	589,1 - 743	8 - 9
Média	3	8 – 20%	Moderadamente ondulado a ondulado	Luvisolos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Flúvicos e Vertissolos	---	434,1 - 589	5 - 8
Alta	4	3 - 8	Suave ondulado	---	---	280,1 - 434	---
Muito Alta	5	0 – 3%	Plano	Argissolos Verm-Amarelos, Argissolos Amarelos e Latossolos Amarelos	Agropecuária	126,6 - 280	---

Fonte: Elaborado pelos autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Atributo pedológico

O mapeamento do atributo pedológico pode ser visualizado na Figura 2. O mesmo é considerado de grande relevância na presente pesquisa, visto que é a partir do levantamento acerca da tipologia e características dos solos que os perímetros agrícolas são estabelecidos.

Conforme pode ser observado na Figura 2, a área de estudo apresenta grande heterogeneidade em relação aos tipos de solos encontrados, reunindo ao todo, conforme escala de mapeamento adotada (1:100.000), 12 classes.

Entre os solos encontrados, os Planossolos são mais expressivos e bem distribuídos, ocupando 31,3% da área de estudo. Segundo Silva et al. (2008) a principal limitação desse tipo de solo é de ordem física. O horizonte superficial (B) é bastante compactado devido a concentração de argila de alta atividade, dificultando a penetração das raízes e da água, podendo nos períodos chuvosos apresentar umidade excessiva. Considerando tais características, para o presente estudo são

classificados como de baixo potencial agrícola, visto que, boa parte das espécies frutíferas possuem raízes longas e necessitam de um solo que facilite a penetração.

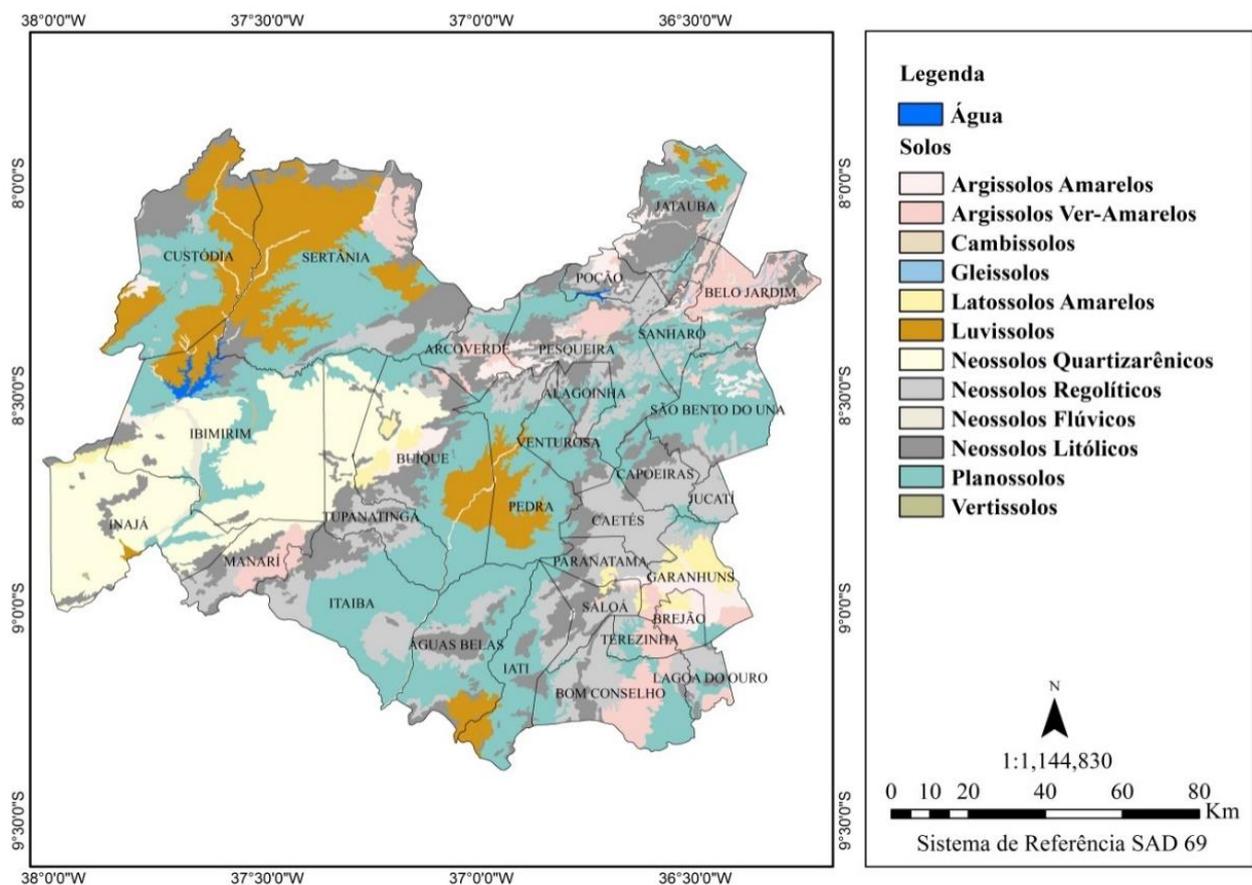


Figura 2: Distribuição espacial, por município, dos solos encontrados na área de estudo, conforme classificação estabelecida pela EMBRAPA solos (**Fonte:** Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) - Elaboração dos autores).

Os Neossolos Lítólics representam a segunda maior classe encontrada na região (17,2%), com maior concentração nas áreas centrais. Geralmente estão alocados onde o relevo varia de plano a escarpado, apresentando pouca profundidade (0,5 m), principalmente em ambientes semiáridos. São bastante pedregosos e, em alguns casos, apresentam superfícies rochosas (EMBRAPA, 2006). Característica que restringe o desenvolvimento de práticas agrícolas.

No centro-oeste da área de estudo, há grande concentração dos Neossolos Quartzarênicos, local onde está inserido o Vale do Catimbau. Silva, Silva e Barros (2008) afirmam que esse tipo de solo, geralmente, apresenta baixa fertilidade natural, níveis de acidez elevados, pouca matéria orgânica, baixa capacidade de retenção de água e drenagem variando de média a excessiva. Quando utilizados para culturas perenes requerem manejo adequado e uso controlado da irrigação, uma vez que apresentam alta suscetibilidade à degradação. Tais características, em geral, limitam a introdução de várias espécies agrícolas.

Em relação aos Neossolos Flúvicos, observados na região, a EMBRAPA (2009) destaca que, por se tratarem de solos de várzea, apresentam de média a alta fertilidade natural, boa produtividade para a maioria das culturas, principalmente quando irrigados. Por essa razão, favorecem o desenvolvimento da agricultura, sendo classificados como de médio potencial agrícola.

Os Neossolos Regolíticos, Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos ocupam, juntos, 23,9% da região. De acordo com a Cunha et al. (2010), os Neossolos Regolíticos apresentam textura arenosa a média e ocorrem normalmente em relevo pouco acidentado, facilitando seu manejo. Suas principais limitações são a baixa retenção de água e baixa fertilidade natural. Quando manejados de maneira adequada, favorecem o desenvolvimento da agricultura.

Os Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos podem ser encontrados na área sul, centro e norte da área de estudo, em concentrações não tão expressivas (8,7%). São solos que variam de 0,40m (rasos) até 2m (muito profundos) e apresentam baixa fertilidade natural. Silva, Silva e Barros (2008) destaca que no agreste e no sertão, as limitações recaem sobre a pouca profundidade e ocorrência de pedregosidade. Diante disso, são solos que favorecem a agricultura de modo geral, mas devido às limitações pontuadas, serão enquadrados como de médio potencial.

Quanto aos Vertissolos, Cambissolos e Gleissolos, estes não são considerados no presente estudo, visto que a escala utilizada faz com que os mesmos não tenham representatividade (0,3%), não interferindo de forma significativa no resultado final.

3.2. Atributo geomorfológico

A Figura 3 representa o mapeamento da declividade e a estrutura do relevo, de acordo com a classificação proposta pela EMBRAPA (1979). Para este atributo são consideradas as limitações principalmente à introdução de maquinários e manejo.

Parte da região estudada está assentada sobre a Depressão Sertaneja, estrutura que segundo Jatobá (2008) é formada por terrenos ígneos e metamórficos do Pré-Cambriano, terrenos sedimentares do Siluro-Devoniano, com a presença dos maciços residuais. Nesta feição a declividade varia entre 0 a 3%, sendo considerada, segundo classificação adotada, como um Relevo Plano. Com isto, torna-se viável o uso de maquinários agrícolas, o que facilita uso de mecanismos simples para fruticultura.

A estrutura Suave Ondulada (declividade variando entre 3 a 8%) está bem distribuída na área de estudo. Compõem os declives dos morros testemunhos e outras pequenas elevações (Figura 3). Nesta categoria o uso de pequenos maquinários agrícolas torna-se um pouco limitado, porém, pode ser empregado com reduzidas restrições.

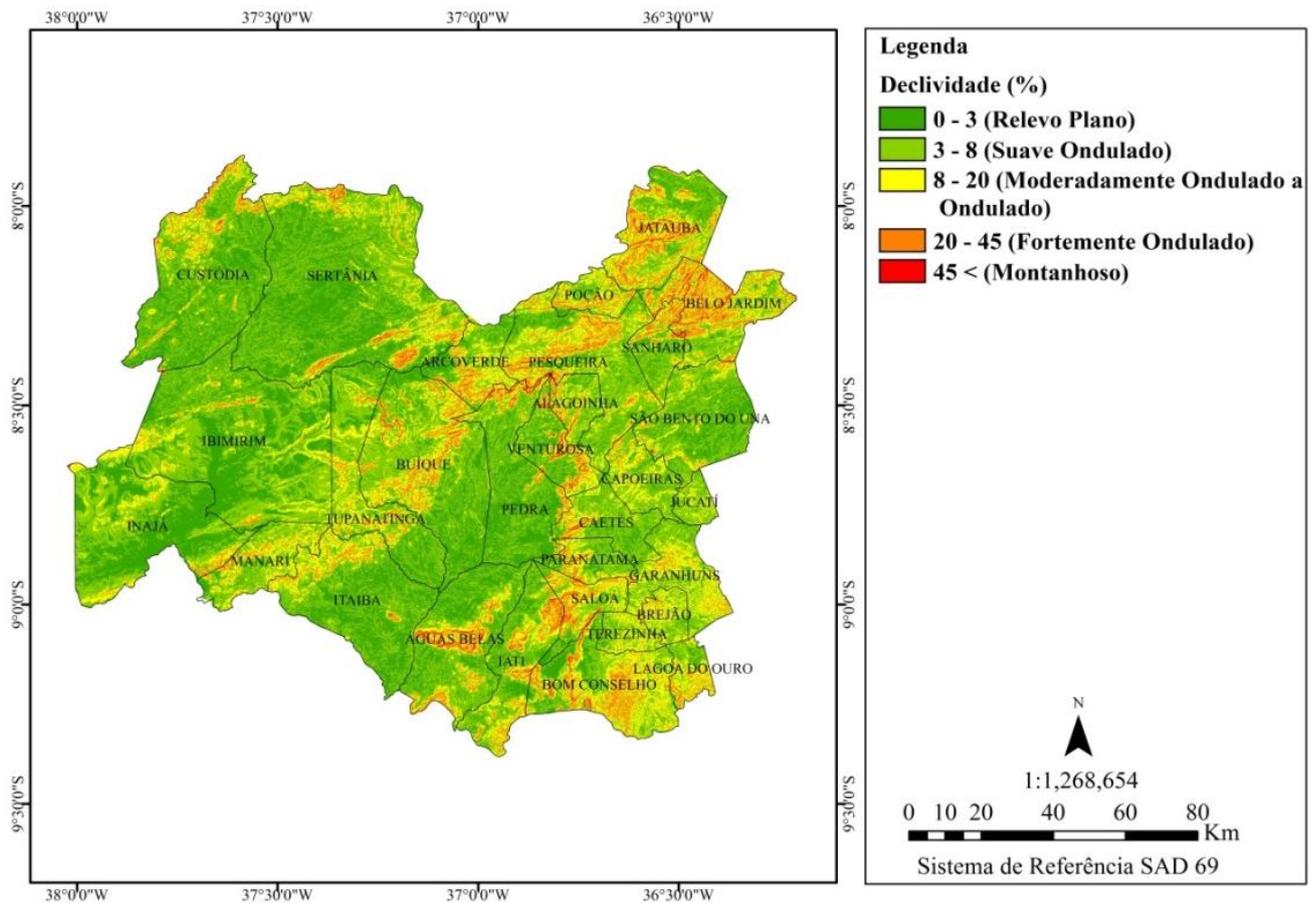


Figura 3: Distribuição da declividade por município e classificação do relevo conforme critérios estabelecidos pela EMBRAPA (1979).

Fonte: Elaboração dos autores.

Os declives entre 8 a 20% representam os relevos Moderadamente Ondulados a Ondulados. São expressivos, principalmente nas áreas próximas às encostas do Planalto da Borborema e constituintes de elevações residuais. O manejo torna-se um pouco mais dificultado em comparação com as classes de declives apresentadas anteriormente, sendo esta unidade classificada como moderadamente limitante às atividades agrícolas.

As unidades de relevo Fortemente Ondulados (20 a 45%) e Montanhosos (45 a 54%) são menos expressivas na área de estudo, quando comparadas a outras feições. As referidas tipologias de relevo encontram-se associadas às áreas de encosta do Planalto da Borborema, concentradas no norte, sul e oeste da Figura 3. O difícil acesso e a restrição à introdução de maquinários dificultam o desenvolvimento de atividades agrícolas nesses locais, sendo estas áreas classificadas como altamente limitadas para práticas da fruticultura irrigada.

3.3. Atributo uso e cobertura da terra

Na Figura 4 encontra-se o mapeamento do uso e cobertura das terras da área de estudo. Segundo IBGE (2010), o uso da terra representa toda utilização da superfície em decorrência da ocupação e atividades cotidianas, com presença de vegetação preservada ou não.

Em função das tecnologias que se dispõe atualmente, esse atributo não apresenta grandes limitações para o desenvolvimento da agricultura. Entretanto, como uma das propostas deste estudo é a conservação das florestas de caatinga, as principais limitações vão recair sobre as áreas ocupadas pela vegetação em questão, para as quais foram atribuídas notas mínimas.

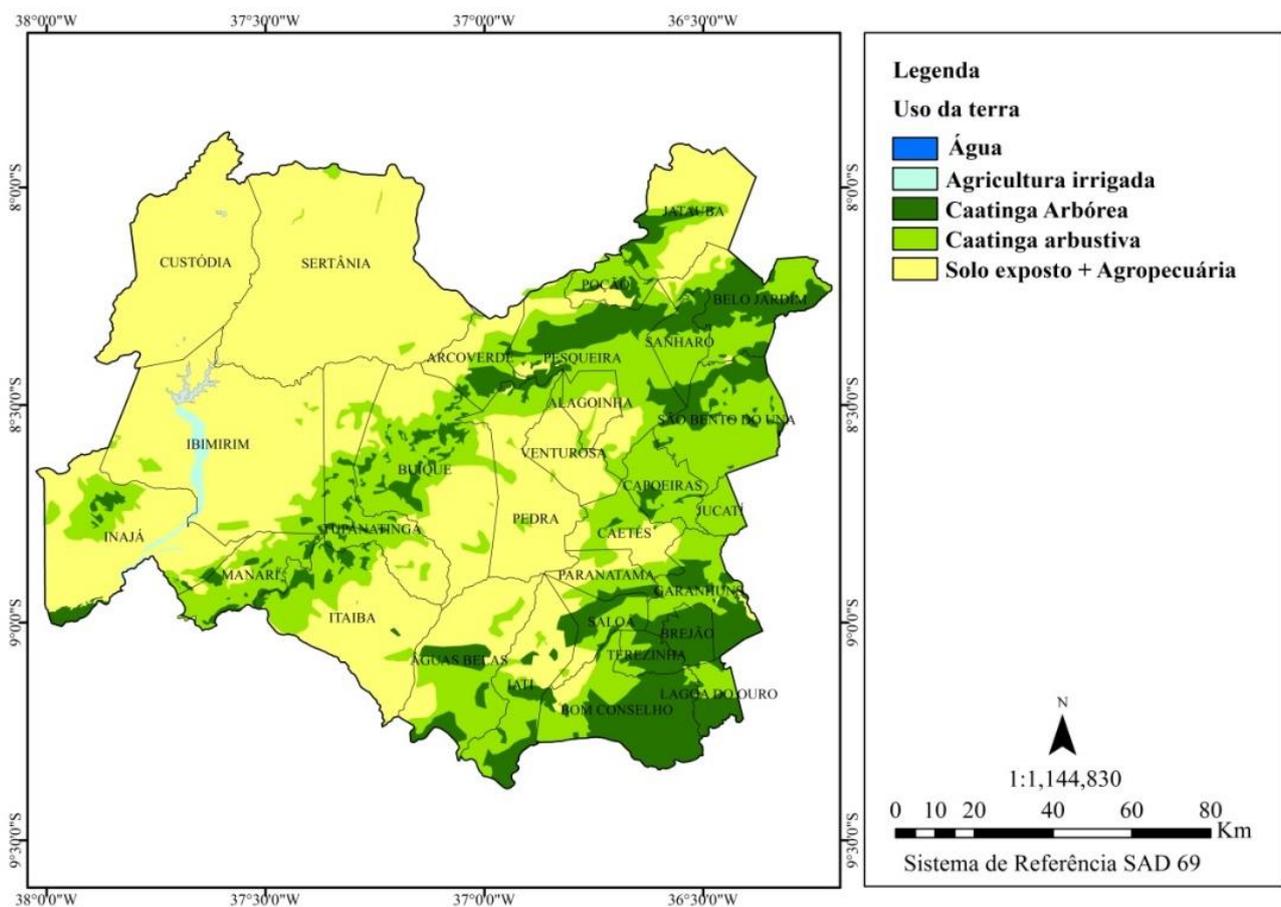


Figura 4: Mapeamento de uso e cobertura das terras por município.

Fonte: Elaboração dos autores.

Ao todo foram encontradas cinco classes de uso e cobertura das terras, com predomínio de solos expostos associados às atividades agropastoris (55,5%). A referida classe está alocada em áreas onde o relevo varia de plano à suave ondulado.

Segundo Tricart (1977), a exposição dos solos aos agentes erosivos acelera os processos morfogênicos, cessando a pedogênese (formação e desenvolvimento dos solos). Nesse sentido, a cobertura vegetal, seja ela natural ou agrícola, desempenha função importante na conservação dos

solos, no caso da agricultura, quando o manejo é adequado. Por isso, as áreas onde os solos se encontram desprotegidos serão consideradas ideais para o desenvolvimento da fruticultura.

Quanto às áreas vegetadas, essas apresentam alternância entre a caatinga arbustiva (hiperxerófila) e arbórea (hipoxerófila), com predominância da primeira. A caatinga arbustiva é caracterizada por uma vegetação de baixo porte e mais esparsa, enquanto a arbórea apresenta indivíduos de porte mais elevado, constituindo florestas mais adensadas (IBGE, 1992).

A caatinga arbórea está concentrada em áreas declivosas e nas regiões mais elevadas da área de estudo (Figura 4). Por se tratarem de áreas sensíveis a intervenção humana, as quais devem ser preservadas, são classificadas nesse estudo como inadequadas ao cultivo de vegetações agrícolas.

A área de agricultura irrigada, localizada no extremo oeste, corresponde ao perímetro irrigado do Moxotó, que abrange os municípios de Ibimirim e Inajá. Implantado no ano de 1972, atualmente enfrenta problemas relacionados à queda da produtividade, associada à degradação das terras (salinização) onde o empreendimento está assentado (FREIRE et al., 2014). Devido à presença de água disponível para o plantio, esta classe de uso poderia ser enquadrada com alto potencial agrícola, mas diante dos problemas expostos, será classificada como de médio potencial.

3.4. Cenário climático atual

As possíveis restrições climáticas ao desenvolvimento da fruticultura na região foram avaliadas a partir da deficiência hídrica (Figura 5) e número de meses secos (Figura 6), considerando as atuais condições do clima (temperatura e precipitação).

Observa-se que os maiores valores de déficit hídrico são encontrados na região oeste (434,1 a 1092 mm). De acordo com Lacerda et al. (2009) esta faixa corresponde ao domínio semiárido, onde as temperaturas são elevadas e a quantidade de chuvas é reduzida. As regiões consideradas mais favoráveis ao desenvolvimento da fruticultura, onde a deficiência hídrica é reduzida (126,6 a 280 e 280,1 a 434mm), estão alocadas no agreste pernambucano, zona de transição entre o clima úmido e o semiárido. Além disso, encontram-se associadas, também, às áreas mais elevadas, em sua maioria, classificadas como brejos de altitude (TABARRELLI; SANTOS, 2004).

A partir do balanço hídrico de Thornthwaite e Malthet (1955), foi possível obter o número de meses secos da região de estudo, representado na Figura 6. Vale destacar que quanto maior o número de meses secos, menor a disponibilidade de água proveniente das chuvas, fator que vem a dificultar o processo de plantio, desenvolvimento e produção de muitos cultivos. Entretanto, é importante ressaltar que esse fator pode ser minimizado com a implantação de sistemas de irrigação.

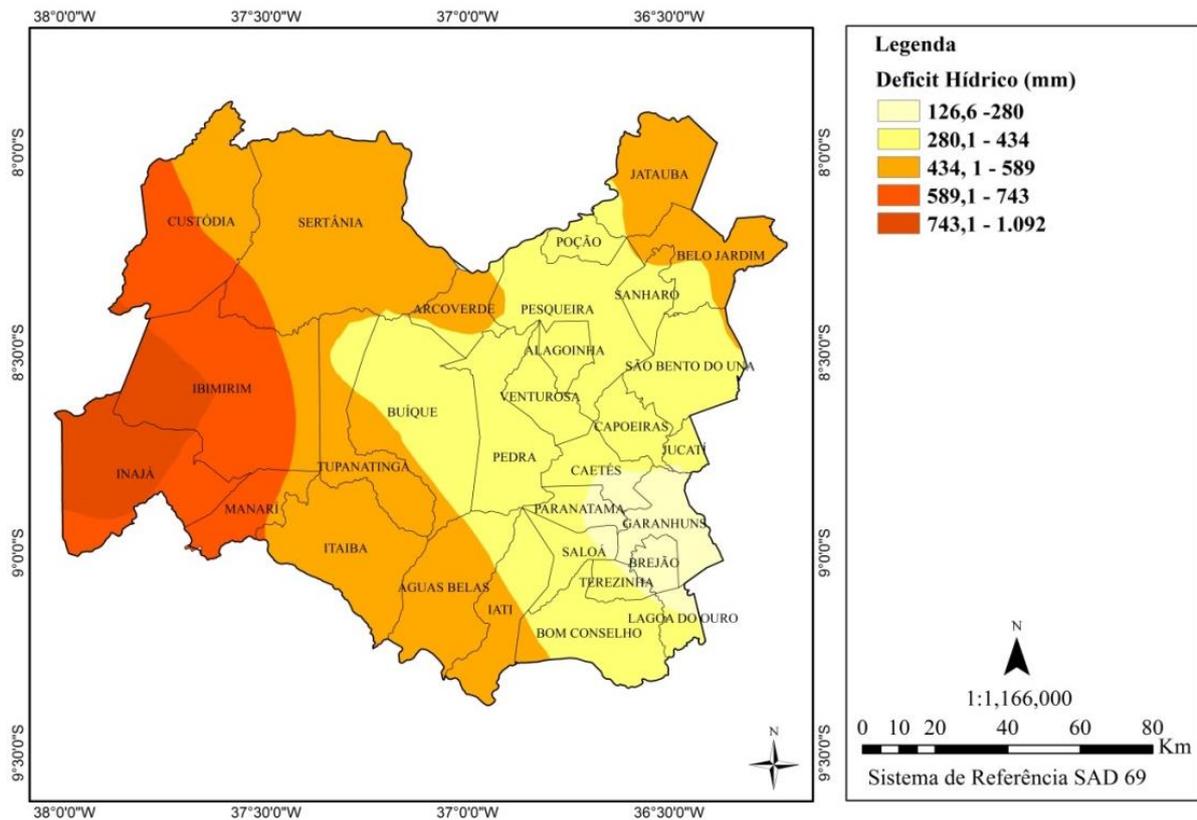


Figura 5: Distribuição espacial, por município, da deficiência hídrica média anual atual, conforme atuais condições climáticas (precipitação e temperatura) obtidas a partir da última normal climatológica (1961 a 1990).

Fonte: Elaboração dos autores.

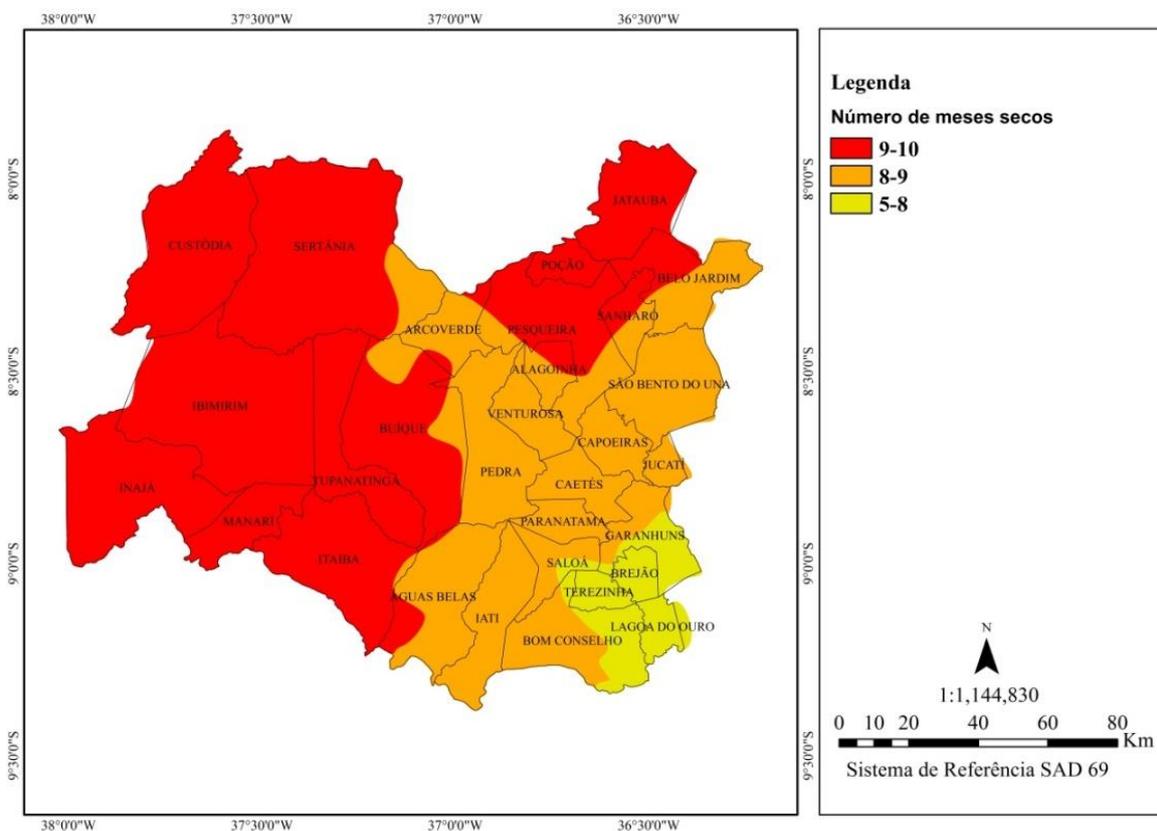


Figura 6: Distribuição espacial, por município, do número de meses secos conforme atuais condições climáticas (precipitação e temperatura) obtidas a partir da última normal climatológica (1961 a 1990).

Fonte: Elaboração dos autores.

A distribuição dos meses secos segue a tendência observada no mapeamento da deficiência hídrica, onde a maior quantidade deles concentra-se a oeste, onde a disponibilidade de água no solo é reduzida. Observa-se que às áreas favoráveis estão concentradas na região leste, devido à influência da topografia.

3.4.1. Geopotencialidade a fruticultura (cenário atual)

O mapeamento da Geopotencialidade à fruticultura pode ser visualizado na Figura 7. A carta é baseada no cenário geoclimático atual, obtida a partir do cruzamento efetuado entre as cartas de solos, declividade, uso e cobertura da terra, número de meses secos e déficit hídrico. No geral, nota-se que as atividades agrícolas voltadas para a fruticultura podem ser desenvolvidas sem grandes limitações em praticamente toda a área de estudo, graças à combinação e abrangência dos fatores favoráveis.

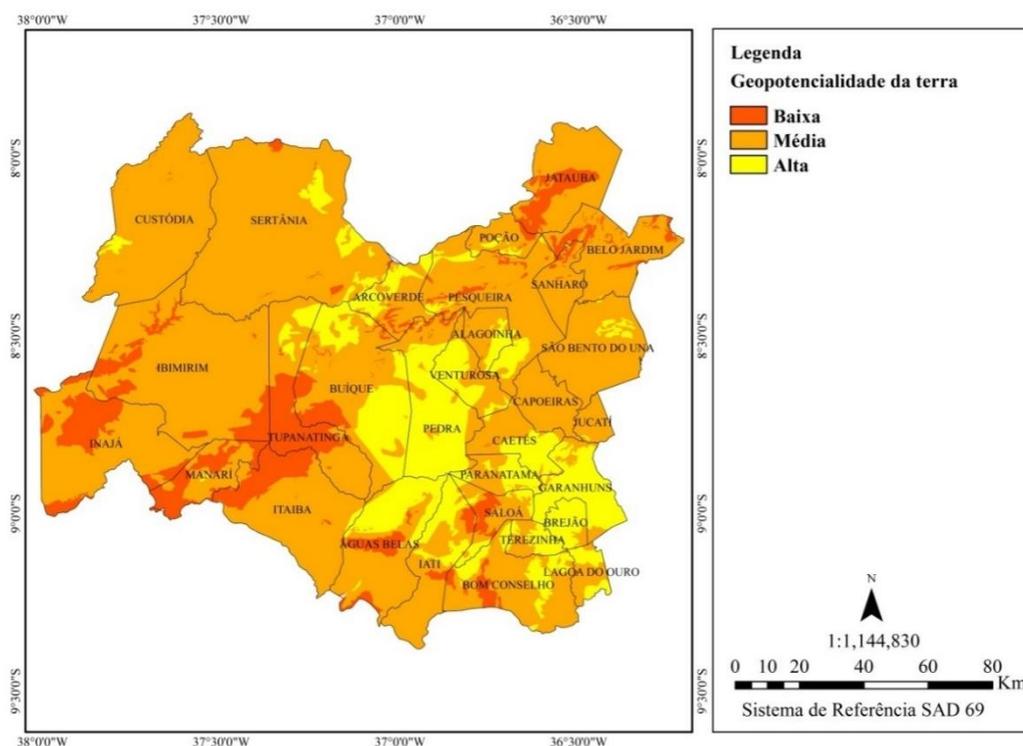


Figura 7: Mapa da Geopotencialidade à fruticultura, com base nas atuais condições climáticas (precipitação e temperatura) da última normal climatológica (1961 a 1990).

Fonte: Elaboração dos autores.

As áreas favoráveis ao desenvolvimento da fruticultura representam 89%, somando as classes de Média (71,6%) às de Alta Geopotencialidade (17,4%). As regiões que apresentam Geopotencial Médio encontram-se bem distribuídas ao longo da área de estudo, presentes em todos os municípios analisados, e estão inseridas em variadas tipologias de relevo, solo, uso da terra, déficit hídrico e número de meses secos.

Quanto às áreas consideradas altamente favoráveis à fruticultura, estas se encontram nas regiões centrais e meridionais, com maior concentração nos municípios de Pedra, Venturosa, Águas Belas, Iati e parte de Buíque. Percebe-se que o fator climático e a ausência de cobertura vegetal exerceram grande influência sobre o resultado.

Em contrapartida, as manchas de Alto Geopotencial à fruticultura, localizadas a sudeste, abarcando os municípios de Brejão, Caetés, Garanhuns, Terezinha e Saloa, são decorrentes da combinação de fatores favoráveis que, juntos, superam a restrição imposta às áreas vegetadas. Ou seja, mesmo diante do Alto Geopotencial verificado, em função da presença de vegetação nativa (caatinga arbórea e arbustiva, Figura 4) essas áreas devem ser consideradas impróprias ao desenvolvimento de atividades agrícolas.

No Sudoeste da região estão concentradas as maiores manchas de Baixa Geopotencialidade, que ao todo ocupam 10,9% da área de estudo. A presença da referida classe no local é atribuída a fatores limitantes, como elevado déficit hídrico e elevado número de meses secos, predomínio dos Neossolos litólicos e Quartizarênicos, declividades acentuadas e presença de cobertura vegetal.

3.5. Cenário climático projetado

Na Figura 8 encontra-se o mapeamento da deficiência hídrica projetada para o ano de 2050, dentro do cenário de mudanças climáticas B2 (otimista). De acordo com as projeções efetuadas a partir do modelo climático PRECIS, projeta-se um aumento de 1°C na temperatura média mensal do ar dos municípios da área de estudo, isto em comparação com a média observada. Quanto à precipitação pluviométrica a projeção foi baseada em uma redução de 5% em comparação com média histórica da última normal climatológica (1961 – 1990).

Verifica-se que, em comparação com o cenário atual, houve significativo crescimento das áreas com elevado déficit hídrico. Diferentemente do observado na Figura 5, as áreas climaticamente restritivas à fruticultura avançam do oeste em direção à parte central da região. Na porção sudeste, ainda é possível visualizar uma pequena área com déficit hídrico reduzido, entre 126,6 a 434 mm, sendo esta classe, muito inferior ao verificado no cenário atual. Neste contexto, houve redução de mais de 65% das áreas climaticamente apropriadas para fruticultura.

Quanto ao número meses secos para o cenário projetado (Figura 9), as áreas com 5 a 8 meses secos tiveram seus quantitativos reduzidos, passando a apresentar de 7 a 9 meses na porção sudeste e 9 a 11 meses secos nas demais regiões. Vale ressaltar que o modelo climático empregado, o PRECIS, possui uma resolução espacial de 0,5° x 0,5°, fator que minimiza a influência da topografia (Planalto da Borborema) sobre os elementos climáticos investigados nesse estudo.

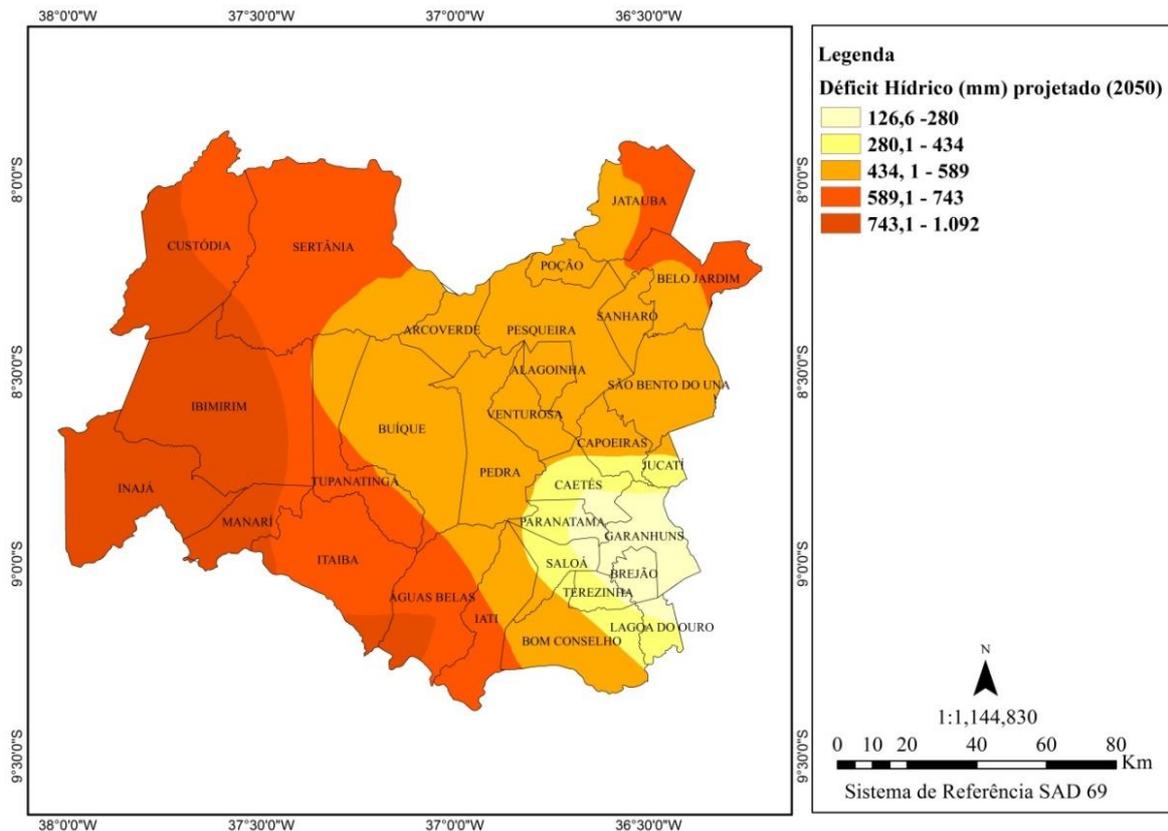


Figura 8: Mapa do Déficit Hídrico por município considerando o cenário de mudanças climáticas (B2) gerado pelo modelo PRECIS para o ano de 2050.

Fonte: Elaboração dos autores.

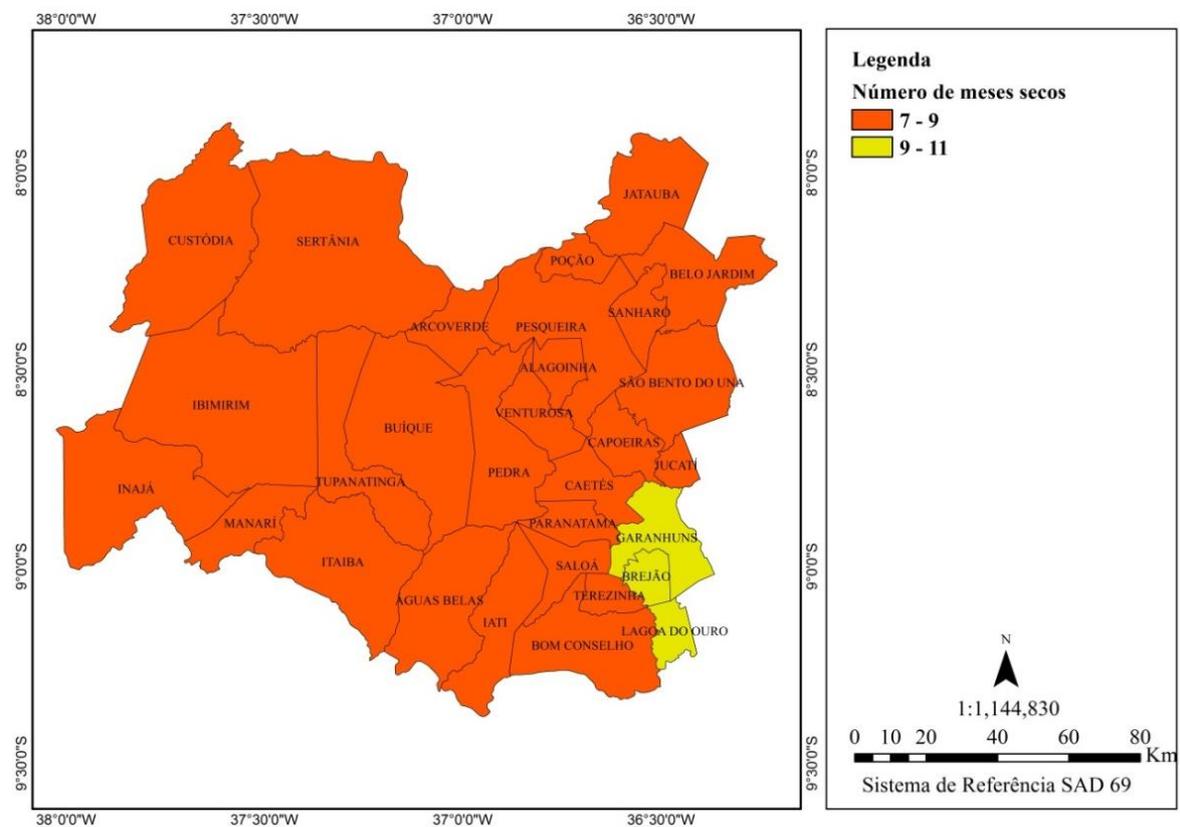


Figura 9: Distribuição espacial, por município, do número de meses secos considerando o cenário de mudanças climáticas (B2) gerado pelo modelo PRECIS para o ano de 2050.

Fonte: Elaboração dos autores.

3.5.1. Geopotencialidade à fruticultura (cenário projetado)

A partir de um novo cruzamento realizado, agora considerando os possíveis efeitos das alterações no clima sobre as variáveis climáticas adotadas, obteve-se a carta de Geopotencialidade à fruticultura, presente na Figura 10. Nota-se que para este cenário as atividades frutícolas ainda podem ser introduzidas e ou desenvolvidas na maior parte dos municípios. Entretanto, a combinação dos fatores geopedológicos favoráveis não foi suficiente para superar as restrições climáticas esperadas (aumento da deficiência hídrica e do número de meses secos) para o ano de 2050.

As áreas consideradas impróprias para o estabelecimento de perímetros frutíferos (Baixo Geopotencial) cresceram significativamente, passando de 10,9% no cenário atual, para 26,7% no cenário projetado. Vale salientar que este crescimento não é tão grave, visto que as manchas estão alocadas em regiões onde predominam as vegetações de caatinga arbórea e arbustiva, e elevados valores de declividade.

Quanto às áreas de média Geopotencialidade, houve perdas consideráveis na região onde estão localizados os municípios de Águas Belas, Bom Conselho, Iati e Saloá. Ao norte, onde estão se encontram os municípios de Belo Jardim, Sanharó, Pesqueira e São Bento do Una, a perda de áreas de média Geopotencialidade é expressiva. De modo geral, as áreas mediamente favoráveis passaram de 71,6% (atual condição climática) para 68,2% (cenário futuro).

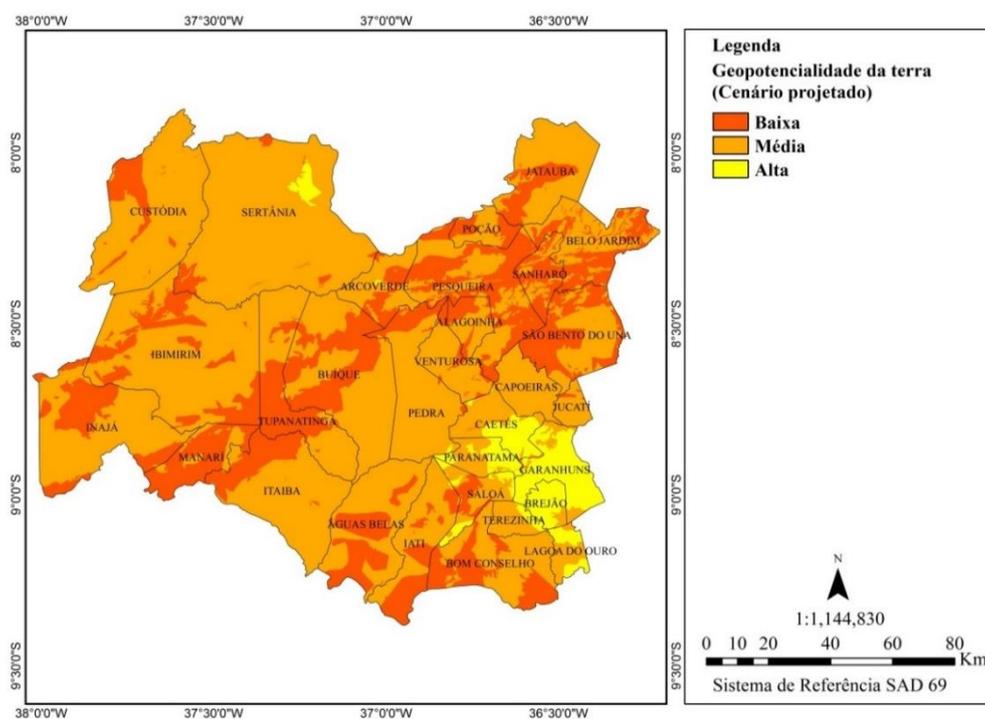


Figura 10: Mapa da Geopotencialidade à fruticultura, adquirido a partir do cruzamento dos atributos geoclimáticos, dessa vez considerando o cenário de mudanças climáticas (B2) gerado pelo modelo PRECIS para o ano de 2050.

Fonte: Elaboração dos autores.

As perdas mais significativas, e consideradas mais graves, foram de áreas com Alto Geopotencial à fruticultura. A referida classe cai de 17,4%, no cenário atual, para 5%, quando considerados os efeitos das mudanças climáticas.

Houve perda de quase 100% das áreas altamente favoráveis à fruticultura na área onde estão localizados os municípios de Pedra, Venturosa, norte de Iati, e sul de Buíque. Na região onde se encontram os municípios de Garanhuns, Brejão, Lagoa do Ouro, Paranatama e leste de Caetés, apesar de apresentar Alto Geopotencial, há o predomínio da vegetação de caatinga, área que deve ser preservada. Sendo assim, no cenário projetado as classes de Alta Geopotencialidade, que são ideais para a introdução da fruticultura devido às condições ambientais e de preservação, praticamente desaparecem.

De maneira geral, os resultados se assemelham aos encontrados em vários outros estudos que apontam para redução da precipitação e o aumento da temperatura como fatores principais da perda de áreas agricultáveis (SIQUEIRA et al., 2001; MARENGO, 2001; PINTO et al., 2002; ASSAD et al., 2004; NOBRE et al., 2005; EMBRAPA, 2008). Os referidos trabalhos apontam que os prejuízos causados à economia, em razão da perda de áreas agricultáveis e consequente queda da produção, pode superar as estimativas mais otimistas, variando geograficamente e temporalmente, influenciados principalmente pelas condições socioeconômicas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que a área de estudo esteja localizada em uma região onde predomina o clima semiárido, com elevado déficit hídrico e solos, em sua maioria, mal desenvolvidos, no geral, o estudo apontou que a região apresenta bom Geopotencial ao desenvolvimento, e em alguns casos, ampliação das áreas de fruticultura irrigada. Vale reforçar que a introdução de determinadas espécies frutíferas exige que seja realizado um levantamento acerca da aptidão em relação às condições físico-naturais da área, sem que se deixe de considerar questões socioambientais.

Por ser tratar de uma região onde o risco de processos de salinização e desertificação é elevado, recomenda-se o desenvolvimento de estudos relacionados à introdução técnicas de manejo do solo e de irrigação adequadas, a fim de evitar os problemas que já ocorrem no perímetro irrigado de Ibimirim, como já pontuado anteriormente.

O cenário projetado, que considera os efeitos de uma possível mudança climática, indicou que pode haver redução significativa das áreas de alta Geopotencialidade, ideais para a introdução da fruticultura irrigada. Tal fato só veio a confirmar a grande importância das variáveis climáticas utilizadas no presente estudo. O aumento da temperatura em 1°C e redução de 5% da precipitação, se

trata de uma perspectiva otimista para a alteração dessas variáveis climáticas, uma vez que o IPCC, utilizado como base para esse estudo, projeta variação ainda mais acentuada para essas variáveis.

O preocupante possível cenário futuro, na verdade pode ser ainda mais adverso ao desenvolvimento da fruticultura e de outras práticas agrícolas de modo geral. Considerando todo o contexto, o pequeno produtor deve ser o mais atingido por essas mudanças.

Nesse sentido, é fundamental traçar planos e metas para tentar minimizar os efeitos causados pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino, uma vez que já são verificados na região sérios problemas relacionados à disponibilidade de água, normalmente associados à gestão inadequada dos recursos hídricos e não aproveitamento eficaz das águas das chuvas.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida ao autor principal da presente pesquisa. Ao laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO), alocado na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pela estrutura disponibilizada.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; PINTO H. S.; ZULLO Jr.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das Mudanças Climáticas no Zoneamento Agroclimático do Café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n.11, p.1-20, 2004.

CUNHA, D. A. DA.; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J.; SOUZA, E. C. DE. Irrigação como estratégia de adaptação de pequenos agricultores às mudanças climáticas: aspectos econômicos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 369–386, 2013.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SILVA, M. S. L.; ALVAREZ, I. A. **Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo**. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido Brasileiro**. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, 2010. p.49-87.

EMBRAPA. **Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro** 2.ed. ANGELOTTI, F. eds. Embrapa Semiárido: Petrolina, 2009.

EMBRAPA. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil**. Rio de Janeiro, 2008.

EMBRAPA. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil**. [s.l: s.n.]. p. 82

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: Reunião técnica de levantamento de solos, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979.

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

FERNANDES, J. G. Influência das mudanças climáticas na agricultura familiar. In: **Mudanças climática e impactos ambientais**. [s.l: s.n.]. p.127-132, 2010.

FREIRE, M. B. G. S.; MIRANDA, M. F. A.; OLIVEIRA E. E. M.; SILVA, L. E. S.; PESSOA, L. G. M.; ALMEIDA, B. G. Agrupamento de solos quanto à salinidade no Perímetro Irrigado de Custódia em função do tempo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.18, p.87-91, 2014.

IBGE, 2010. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: fev. de 2014.

IBGE. Divisão de Geociências. **Manual técnico da vegetação brasileira**, Rio de Janeiro: IBGE; 1992.

IPCC. **Climate Change 2007**. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, 2007. 123p.

IPCC. **Climate Change 2013**: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. 1535p.

JATOBÁ, L. A compartimentação do relevo. In **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. Secretaria de Ciências Tecnologia e Meio Ambiente: Recife, 2008.

JONES, P. G.; THORNTON, P. K. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change**, v.13, n.1, p. 51–59, 2003.

KATES, R.W. Cautionary tales: adaptation and the global poor. **Climate Change**, v.45, p.5–17, 2000.

KOUAROU, R. N; SILVA, J. X. Geoprocessamento aplicado à avaliação de Geopotencialidade agroterritorial. In: **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. [s.l: s.n.]. p. 303 – 352, 2009.

LACERDA, F. F.; DIAS, H.; ASSAD, E. D.; SANTOS, A.A.; SILVA A. A. G. Detecção de Sinais de Mudanças Climáticas para Algumas Localidades do Sertão do Pajeú-PE. In. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 16., 2009., **Anais...;**, 2009.p.1-13.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2006.

MARENGO, J. A. Impactos das Condições Climáticas e da Variabilidade e Mudanças do Clima sobre a Produção e os Preços Agrícolas: Ondas de Frio e seu Impacto sobre a Cafeicultura nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. In: Lima, M. A. de, Cabral, O. M. R., Miguez, J. D. G. (Eds.). **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, pp. 97-123. 2001

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 21 jun. 2015.

NACIONAL-MI, M. D. A. I. DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS-DNOCS. [s.l: s.n.], 2006.

NOBRE, C. A; ASSAD, E. D. e OYAMA, M. D. Mudança Ambiental no Brasil: o impacto do aquecimento global nos ecossistemas da Amazônia e na agricultura. In: **Scientific American Brasil**. Nº 12. Set-2005.

OLESEN, J. E; BINDI, M. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. **European Journal of Agronomy**, v.16, n.4, p.239–262. doi:10.1016/S1161-0301(02)00004-7, 2002.

PINTO, H. S; ASSAD, E. D; ZULLO JR; BRUNINI, O. O Aquecimento Global e a Agricultura. **Revista Eletrônica do Jornalismo Científico, Comciência – SBPC**, v. 35, p.1-6, 2002.

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. Dos; GALVÍNCIO, J. D. Mudanças climáticas e cenários de susceptibilidade ambiental à desertificação em municípios do estado de Pernambuco. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 5, n. 13, p. 66–83, 2013.

SANTOS, A. M; GALVÍNCIO, J. D; MOURA, M. S. B. Os recursos hídricos e as mudanças climáticas: discursos, impactos e conflitos. **Revista Geográfica Venezolana**, v. 51, n. 1, p. 59–68, 2010.

SANTOS, A. M; GALVÍNCIO, J. D; MOURA, M. S. B. Mudanças climáticas e o escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Goiana - Pernambuco - Brasil. **Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía- UNAM**, v. 81, p. 51–65, 2013.

SILVA, F.H.B.B; SILVA, A.B; BARROS, A.H.C. **Principais classes de solos do estado de Pernambuco**. EMBRAPA: Recife, 2008.

SIQUEIRA, O. J. **Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura Brasileira e Estratégias Adaptativas para Algumas Culturas**. In: Lima, M. A. de, Cabral, O. M. R., Miguez, J. D. G. (Eds.). **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, pp. 65-96, 2001.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: Reunião técnica de levantamento de solos, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro, 1979.

SOUZA, W. M. DE; AZEVEDO, P. DE. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade? **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 462–472, 2009.

SOUZA, J. L; PREZOTTI, L. C; GUARÇONI, A. M. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **Idesia (Arica)**, v. 30, n. 1, p. 7–15, 2012.

TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. **Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos.** In: K.C. Pôrto; J.J.P. Cabral ; M. Tabarelli (orgs.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, ecologia e conservação.** Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Pg. 99-110, 2004.

THOMAS, A. Agricultural irrigation demand under present and future climate scenarios in China. **Global and Planetary Change**, v. 60, p. 306–326, 2008.

THORNTHWAITE, C.W; MATHER, Jr. **The Water Balance**, Publications in Climatology, Centerton, N. Jersey, VIII (1), 1955.

TRICART J. **Ecodinâmica.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro, 1977, p. 97.

VERMEULEN, S. J; CAMPBELL, B. M; INGRAM, J. S. I. Climate Change and Food Systems. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 37, n. 1, p. 195-222, 2012.