



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

JAILSON MEDEIROS SILVA

**DINÂMICA TERMO-HÍDRICA DO SOLO EM FUNÇÃO DA COBERTURA
VEGETAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**AREIA
2022**

JAILSON MEDEIROS SILVA

**DINÂMICA TERMO-HÍDRICA DO SOLO EM FUNÇÃO DA COBERTURA
VEGETAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – Campus II, Areia/PB, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: **Agricultura Tropical**
Linha de pesquisa: **Ecologia, manejo e conservação de recursos naturais**

Sob a orientação do Prof. Dr.
Jacob Silva Souto

AREIA

2022

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

S586d Silva, Jailson Medeiros.

Dinâmica termo-hídrica do solo em função da cobertura vegetal no Semiárido brasileiro / Jailson Medeiros Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2022.

53 f. : il.

Orientação: Jacob Silva Souto.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Temperatura do solo. 3. Conteúdo de água no solo. 4. Floresta tropical seca. I. Souto, Jacob Silva. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS II – AREIA
CERTIFICAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**DINÂMICA TERMO-HÍDRICA DO SOLO EM FUNÇÃO DA
COBERTURA VEGETAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

AUTOR: JAILSON MEDEIROS SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em Agronomia (Agricultura Tropical) pela comissão organizadora:

Prof. Dr. Jacob Silva Souto - CSTR/UFCG
(Presidente da Comissão Examinadora)

Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira – CCA/UFPB
1º Examinador

Prof. Dr. Arliston Pereira Leite – CCHA/UEPB
2º Examinador

Data da aprovação: 24/02/2022

*“Entrega o teu caminho ao Senhor,
Confie nEle, e Ele tudo fará.”*

Salmo 37:5

Aos meus pais, *Gilvan Medeiros Silva* e *Lúcia Moreira da Silva*, fontes de motivação, resiliência e perseverança...

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ser minha luz e direção, abrindo caminhos e me dando a força, coragem e discernimento para ir de encontro aos meus sonhos e objetivos.

À Universidade Federal da Paraíba, em especial ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela chance de aprimorar e expandir meus conhecimentos a respeito da agronomia e do nosso bioma Caatinga. Também agradeço à Universidade Federal de Campina Grande pela disponibilidade de laboratório e equipamentos para viabilizar a pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos ao longo do mestrado, sendo de fundamental importância para minha permanência, aquisição de novos conhecimentos e desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jacob Silva Souto, pela confiança, ensinamentos e amizade, sendo exemplo de profissional e agregando dia após dia a minha carreira. Meu muito obrigado pelo conhecimento compartilhado, incentivos, conselhos, confiança, brincadeiras e pela orientação, sem sua colaboração esse trabalho não seria possível.

Aos meus pais, Lúcia Moreira da Silva e Gilvan Medeiros Silva, por todo amor, carinho, cuidado, dedicação, apoio incondicional e por tudo que fazem por mim, vocês são os maiores motivos que posso dar o melhor de mim sempre. Obrigado por serem seres humanos tão incríveis nos quais sempre busco me espelhar para ser uma pessoa melhor.

A minha namorada Wanderleya Medeiros, pelo amor, carinho, confiança e companheirismo, nunca deixando que eu me desmotivasse ou desacreditasse do meu potencial, sempre me apoiando e acreditando nos meus ideais.

A todos que colaboraram para a implantação e coleta de dados do presente estudo, Arliston Pereira, Alaíne Cunha, Eduardo, Muniz, Isadora Moura, Jaltiery Bezerra, Manoella Rodrigues, Mikaela Meira, Sávio Maciel, Kyegla Beatriz, sem vocês, com certeza a realização desse trabalho não seria possível, meu muito obrigado, contem comigo sempre.

A Arliston Pereira Leite pela análise dos dados, colaborações e ensinamentos, além de sua amizade, que considero um grande presente que a universidade me propiciou, também as conversas e conselhos, as suas contribuições foram cruciais para que os dados fossem abordados da melhor forma possível e para que este trabalho fosse realizado.

Aos professores que compõem o corpo docente do Programa de Pós-graduação em Agronomia, que mesmo em meio a pandemia se reinventaram e repassaram conhecimentos valiosos para minha formação ao longo dessa caminhada.

A todos os demais professores com os quais tive a oportunidade de aprender

até aqui na caminhada pela longa estrada do conhecimento, em especial aos professores da unidade acadêmica de Engenharia Florestal, onde pude despertar meu amor pela natureza e pela minha profissão a partir dos conhecimentos repassados.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira e Prof. Dr. Arliston Pereira Leite, pelas contribuições, correções e disponibilidade.

Aos meus amigos que mesmo muitas vezes distantes, se fizeram presentes, tornando a caminhada mais leve e torcendo pela minha conquista: Josias Lucena, Juciê Fernandes, Rafael Dioni, Whenderson Thalmer, André Costa, Gilberto Júnior, Guilherme Sousa, Sávio Maciel e Antônio Adriano.

A todos que constituem o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas (LabNut/CSTR/UFCG), pelas conversas, brincadeiras e contribuições para a presente pesquisa, meu muito obrigado.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que a realização desse trabalho fosse concretizada e que, por acaso, não tiverem sido citados.

De todo coração, meu muito obrigado.

RESUMO

SILVA, J. M. Dinâmica termo-hídrica do solo em função da cobertura vegetal no Semiárido brasileiro. 53p. Universidade Federal da Paraíba. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Areia, PB. 2022.

A radiação solar é a fonte primordial de energia para processos que ocorrem no sistema terra-atmosfera. Através da radiação solar a temperatura do solo influencia fatores químicos, físicos e biológicos e é um parâmetro chave que afeta nas mudanças de equilíbrio entre fluxo de água, fluxo de energia e estabilidade ecológica. Objetivou-se avaliar a dinâmica da temperatura e conteúdo de água do solo sujeito a quatro tipos de coberturas vegetais. O experimento foi desenvolvido em quatro áreas (plantio de moringa; plantio de angico; caatinga nativa e solo exposto) na Fazenda São Gabriel, no município de São José de Espinharas, PB. A pesquisa foi desenvolvida de 19 a 25 de maio de 2021, diariamente foram coletados dados de temperatura do solo em três profundidades (0; 7,5 e 15 cm), conteúdo de água do solo, direção do vento, velocidade do vento, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, pluviosidade e luminosidade. As coletas de todas as variáveis supracitadas ocorreram nos horários de 6h, 9h, 12h, 15h e 18 horas. Os dados referentes a temperatura e conteúdo de água do solo foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de significância, fazendo uso do software SAS/STAT 9.3 (2011). Os dados de temperatura do solo também foram submetidos análise de regressão. Os dados foram também submetidos a análise de componentes principais (ACP) e de agrupamento, através do software R. Ademais, realizou-se a análise de correlação de Pearson entre as diversas variáveis coletadas por meio do software PaST. Constatou-se correlação positiva entre: velocidade do vento e luminosidade; umidade do ar e pluviosidade; temperatura ambiente e temperatura do solo; e correlação negativa entre umidade do ar e temperatura do solo; umidade do ar e temperatura ambiente; pluviosidade e temperatura do solo; pluviosidade e temperatura ambiente. A direção de vento mais frequente na área ocorreu da direção sudeste. A presença de vegetação mantém maior quantidade de água no solo e propicia menores amplitudes térmicas em relação a solos descobertos. Áreas de plantio possuem temperaturas mais elevadas na superfície, mas propiciam estabilidade térmica nas camadas subjacentes. A temperatura na área de caatinga apresentou menor amplitude térmica ao longo do dia, diferindo das demais áreas.

Palavras-chave: temperatura do solo; conteúdo de água no solo; floresta tropical seca.

ABSTRACT

SILVA, J. M. Soil thermal-water dynamics as a function of vegetation cover in the Brazilian semiarid region. 53pgs. Federal University of Paraíba. Dissertation (Master in Agronomy). Areia, PB. 2022.

Solar radiation is the primary source of energy for processes taking place in the earth-atmosphere system. Through solar radiation, soil temperature influences chemical, physical, and biological factors and is a key parameter affecting changes in the balance between water flow, energy flow, and ecological stability. The objective was to evaluate the dynamics of soil temperature and water content subjected to four types of vegetation cover. The experiment was developed in four areas (moringa plantation; angico plantation; native caatinga and exposed soil) at Fazenda São Gabriel, in the municipality of São José de Espinharas, PB. The research was carried out from May 19th to 25th, 2021. Data were collected daily on soil temperature at three depths (0; 7.5 and 15 cm), soil water content, wind direction, wind speed, ambient temperature, relative humidity, rainfall and light intensity. All the variables mentioned above were collected at 6 am, 9 am, 12 noon, 3 pm, and 6 pm. Data on soil temperature and water content were submitted to analysis of variance and Tukey's test at 5% significance using SAS/STAT 9.3 software (2011). Soil temperature data were also submitted to regression analysis. The data were also submitted to principal component analysis (PCA) and cluster analysis, using R software. Furthermore, Pearson correlation analysis was performed among the several variables collected using the PaST software. A positive correlation was found between: wind speed and light; air humidity and rainfall; ambient temperature and soil temperature; and a negative correlation between air humidity and soil temperature; air humidity and ambient temperature; rainfall and soil temperature; rainfall and ambient temperature. The most frequent wind direction in the area occurred from the southeast direction. The presence of vegetation keeps more water in the soil and provides lower temperature ranges compared to bare ground. Planted areas have higher surface temperatures, but provide thermal stability in the underlying layers. The temperature in the caatinga area showed less temperature variation throughout the day, differing from the other areas.

Keywords: soil temperature; soil water content; tropical dry forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do Estado da Paraíba, localização do município de São José de Espinharas, e as quatro áreas onde o experimento foi desenvolvido	22
Figura 2. Área do cultivo de moringa, Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, PB.	23
Figura 3. Área do cultivo de Angico na Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, Paraíba. 2021.....	24
Figura 4. Área de Caatinga na Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, Paraíba. 2021.....	24
Figura 5. Área de Solo exposto na Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, Paraíba. 2021.....	25
Figura 6. Aferição da temperatura solo (°C), nas três profundidades (0,0; 7,5; 15 cm), realizada na Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, PB.....	25
Figura 7. Perfuração do solo para inserção do termômetro (A) e aferição da temperatura do solo em profundidade (B) na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas, PB. 2021.	26
Figura 8. Coleta de solo em área experimental (A) e Procedimentos laboratoriais para determinar o conteúdo de água no solo (B, C, D), 2021.	27
Figura 9. Estação portátil (A), luxímetro (B), anemômetro (C) e Termohigrômetro (D) utilizados na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas, PB/ 2021.	28
Figura 10. Pluviosidade (mm) durante o ano 2021 no qual foi desenvolvido a pesquisa na Fazenda São Gabriel, no município de São José de Espinharas – (PB), 2021.	29
Figura 11. temperatura (°C) do solo ao longo do dia, em áreas com diferentes coberturas vegetais na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas (PB).	32
Figura 12. Temperatura do solo (°C) em diversas áreas e várias profundidades do solo na Fazenda São Gabriel – PB, 2021.....	33
Figura 13. Variações da temperatura do solo (°C) nas mesmas profundidades (0,0 (A); 7,5 (B); 15 (C) cm) e diferentes áreas (solo exposto, moringa, angico; Caatinga) na Fazenda São Gabriel – PB, 2021.	35
Figura 14. Análise de componentes principais para as diferentes áreas, horários e variáveis analisadas	

no experimento na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas, PB. 2021.....36

Figura 15. Correlação de Pearson (r) entre as diferentes variáveis do estudo, luminosidade (Lum); umidade do ar (Uar); umidade do solo (Usolo); velocidade do vento (Vv); temperatura ambiente (Tamb) e temperatura do solo (Tsolo) em área de Semiárido Paraibano. 2021.....38

Figura 16. Distribuição da frequência de direção de vento na fazenda São Gabriel, São José de Espinharas, PB. 2021.....39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Florestas Tropicais Secas no contexto internacional e nacional	14
2.2 Influência da radiação solar na temperatura do solo e desenvolvimento das plantas ...	15
2.3 Características do solo e da cobertura vegetal na temperatura do solo	16
2.4 Variações diurnas da temperatura e fluxo de calor do solo.....	17
2.5 Efeito da temperatura do solo na germinação de sementes	18
2.6 Interações entre o conteúdo de água e temperatura do solo	19
2.7 Balanço de energia térmica	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Caracterização da área do experimento.....	22
3.2 Caracterização das áreas de estudo.....	23
3.3 Coleta de dados da temperatura do solo	25
3.4 Determinação do conteúdo de água do solo	26
3.5 Coleta de outras variáveis microclimáticas	27
3.6 Análise estatística dos dados	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Conteúdo de água do solo.....	29
4.2 Temperatura do solo em função do tempo e profundidade	31
4.3 Análise de componentes principais	36
4.4 Correlação entre as variáveis de estudo.....	38
4.5 Distribuição da frequência de direção de vento	39
5 CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A radiação proveniente do sol é a fonte primordial de energia para processos que ocorrem no sistema terra-atmosfera (LOHMANN., et al 2006). Através da radiação solar a temperatura do solo influencia uma diversidade de fatores químicos, físicos e biológicos abaixo e acima do solo e é um parâmetro chave que afeta nas mudanças de equilíbrio entre fluxo de água, fluxo de energia, ciclagem de nutrientes e estabilidade ecológica (MARYANAJI *et al.*, 2017; SAVVA *et al.*, 2010; SHIWEI *et al.*, 2019).

Entende-se que a dinâmica da temperatura do solo e da atmosfera na mesma localidade são consideradas interdependentes, no entanto, a dinâmica de troca entre os dois sistemas ocorre de forma variável devido suas complexidades. Diversos fatores, dentre eles irradiação solar global, temperatura do ar, nebulosidade, chuva, tipo de solo, relevo, tipo de cobertura do terreno, simultaneamente associados aos processos atmosféricos, como a dinâmica troca de energia com o solo, são responsáveis pelas heterogeneidades na variação da temperatura do solo ao longo do dia e das fases do ano. Na região Nordeste do Brasil, com as altas temperaturas ocorrentes ao longo do ano, isso se torna ainda mais visível.

A cobertura vegetal é responsável pelo armazenamento e troca de energia térmica nos ecossistemas terrestres, oscilações mais elevadas ou temperaturas discretas do solo ao longo tempo são observadas em função da presença ou ausência do componente vegetal, além disso, também afeta as variações ao longo do perfil do solo, sendo um parâmetro importante na determinação do regime térmico do solo (CARNEIRO *et al.*, 2013).

No Semiárido, os meses secos possuem uma demanda atmosférica substancialmente elevada, acarretando intenso estresse hídrico nas espécies vegetais, podendo ser intensamente agravado em função das mudanças que ocorrem nos padrões atmosféricos de larga escala, exemplos disso são fenômenos provenientes da interação oceano-atmosfera que interferem no clima, elevando ou reduzindo a quadra chuvosa na região. As modificações acarretadas na cobertura vegetal do bioma Caatinga na mudança entre o período seco e chuvoso, modificam o balanço de radiação que é o principal fator de interação da superfície com a atmosfera (SANTOS *et al.*, 2012), além de acarretar modificações no microclima local.

Vasta área do bioma Caatinga está inserida na região Semiárida, com temperaturas médias entre 25° e 30°C (TABARELLI *et al.*, 2018). A intensa variabilidade climática sazonal e interanual na região Semiárida gera, frequentemente, longos e intensos períodos de estiagem. Tais períodos estão intimamente ligados as variações termo-hídricas do solo que são fatores determinantes no desenvolvimento da flora, fauna e subsistência dos povos que vivem na região

e dependem de recursos naturais para obter renda, alimentos e outros derivados.

O processo histórico de ocupação de terras no Nordeste brasileiro revestiu-se de um caráter predatório que resultou na destruição de grande parte das formações vegetais originais, desde a Mata Atlântica até a Caatinga, no caso específico da Paraíba. A palavra de ordem era desmatar, “a qualquer custo”, visando à expansão da fronteira agrícola e pecuária. Com os sucessivos ciclos de uso do solo, grande parte das regiões das caatingas apresentam sua cobertura florestal nativa altamente fragmentada e/ou restrita a pequenas porções de terra onde a expansão agropecuária não foi possível, havendo também diversas áreas com solo exposto com elevado nível de susceptibilidade às mudanças atmosféricas.

Diante disso, analisar processos de interação solo-planta-atmosfera e entender o regime térmico e hídrico de um ambiente se torna crucial, sendo necessário analisar as características do solo de forma aprofundada (KELLENERS *et al.*, 2016). Estudos sobre esses parâmetros são fundamentais para o entendimento de mudanças climáticas e os impactos da ação do homem ao ambiente (CASTELLINI *et al.*, 2021). Além do mais, conhecer fatores e características que atuam diretamente no solo é imprescindível, assim como a sua distribuição é de importância fundamental para o uso, manejo e conservação serem realizados de forma sustentável para manutenção da qualidade do solo e do ecossistema (SILVA *et al.*, 2019).

Tais considerações são as principais razões para estudar as trocas de energia entre atmosfera e a temperatura do solo. O entendimento da dinâmica da radiação, temperatura e umidade do solo em ambientes Semiáridos se torna imprescindível, diante do déficit de estudos voltados para a física do solo desses locais, da importância que essas informações possuem para dar suporte ao desenvolvimento sustentável e a proteção desses ambientes.

Para tanto, além do entendimento do clima de uma região, a compreensão da dinâmica da umidade e temperatura de um solo em diversas profundidades colabora para o aprofundamento da temática investigada (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a dinâmica da temperatura e conteúdo de água do solo sujeito a diferentes tipos de coberturas vegetais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Florestas Tropicais Secas no contexto internacional e nacional

As florestas tropicais secas foram classificadas pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) como uma Zona Ecológica Global difundida em regiões de clima tropical, com pluviosidade se distribuindo principalmente no período do verão, com ocorrência de estiagem por cinco a oito meses do ano. A maior faixa da referida zona está na África, seguida pela América, majoritariamente a do Sul e uma parte de menor porte ocorre em algumas regiões do continente asiático (FAO, 2001).

Estimativas recentes balizadas pelos conceitos da FAO, utilizando imagens de satélite de alta resolução, sugerem que as terras secas são constituídas por 1079 milhões de hectares de florestas em todo planeta, além disso, cerca de dois terços dessa área corresponde a florestas de dossel fechado, isso quer dizer, possuem um percentual de cobertura através da copa das árvores maior ou igual a 40% (BASTIN *et al.*, 2017).

Esses ambientes, também denominados como florestas tropicais sazonalmente secas, possuem elevada variabilidade ambiental, caracterizada por heterogeneidade topográfica e de características de solo, além de perturbações bióticas de maior ou menor grau, variáveis essas que resultam na existência de um conjunto de comunidades vegetais distribuídas em manchas descontínuas de vegetação (JHA; SINGH, 1990; PENNINGTON *et al.*, 2009).

A diversidade e diferenciação florística entre os mais diversos grupos de florestas secas, distintas pela particularidade de espécies de cada um desses ambientes, demonstra o elevado grau de endemismo e de diversidade beta desse tipo de floresta, reforçando a importância da implantação de múltiplas áreas protegidas e dispersas (BANDA *et al.*, 2016).

As florestas da Caatinga estão inseridas na região semiárida do Nordeste Brasileiro e abrangem uma área com dimensões comparáveis com à extensão de território da França. Essas áreas de floresta possuem vegetação decídua, em sua maior parte nativa, mas em diferentes níveis de regeneração natural resultante do desmatamento provocado com intuito de obtenção de lenha, para agricultura, ou mesmo para criação de gado (BEZERRA-GUSMÃO *et al.*, 2011; ARAÚJO FILHO *et al.*, 2018).

No Brasil, a região em que a Caatinga está compreendida é considerada uma das maiores e mais ricas das formações florestais secas ocorrentes na América Latina (DEXTER *et al.*, 2018; SUNDERLAND *et al.*, 2015). Em relação a distribuição das florestas secas, Miles *et al.* (2006) evidenciaram a caatinga como uma das áreas remanescentes mais amplas e contíguas, distinguindo-se das demais, que possuem tendências a possuírem sua distribuição bastante

fragmentada além disso, dispersa.

Dessa forma, se faz necessário uma maior preocupação em relação a forma e níveis de exploração em áreas de Caatinga, tendo em vista que o desmatamento desenfreado desse ambiente acarreta várias consequências negativas, como a perda de nutrientes, do carbono do solo, bem como da atividade microbiana (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2018).

2.2 Influência da radiação solar na temperatura do solo e desenvolvimento das plantas

Dentre os diversos fatores responsáveis pela existência de vida no planeta terra, a radiação solar se destaca por ser toda a energia eletromagnética proveniente do sol, com importância fundamental em processos químicos, físicos e biológicos (CARNEIRO *et al.*, 2009). Deste modo, a quantificação de fluxo de calor no solo é de importância notável, tendo em vista que representa as entradas e saídas de energia e água do sistema, contribuindo nas oscilações de fluxo de calor latente e sensível e influenciando nas taxas de temperatura do solo bem como de evapotranspiração da região (FUNARI, PEREIRA FILHO, 2017).

Atributos importantes na caracterização do solo sofrem influência da radiação solar, como a difusividade e condutividade térmica. Devido a intensidade da radiação na superfície, ocorrem processos que aquecem e resfriam o solo ao logo do tempo, provocando oscilações térmicas em camadas subjacentes (CARNEIRO *et al.*, 2013). A temperatura do solo, sua magnitude e variações no tempo e espaço, são elementos cruciais na determinação de taxas de processos que ocorrem no solo e por ela são influenciados (HILLEL, 2004).

Dados a respeito da temperatura do solo em função da radiação solar diária em diversas profundidades são habitualmente coletados em estações meteorológicas, no entanto, existe uma necessidade de maior quantidade de análises e estudos a respeito de tais informações. A baixa exploração de tal acervo de dados se deve, de forma majoritária, por não se considerar o fator térmico como limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas, dando-se maior ênfase ao fator hídrico e nutricional (DINIZ *et al.*, 2013a).

A radiação solar disponível é um fator limitante no crescimento e desenvolvimento de um vegetal (CASAROLI *et al.*, 2007), isso porque a energia demandada no processo fotossintético, convertendo dióxido de carbono em energia, é obtida através da radiação do sol (TAIZ *et al.*, 2017). A atividade microbiana e germinação de sementes também podem ser comprometidas quando o solo está fora da faixa adequada de temperatura, inviabilizando a manutenção dos processos fisiológicos envolvidos (SÁDOR, FODOR, 2012).

Além disso, processos envolvendo o sistema solo-planta-atmosfera são dependentes dessa fonte de energia, como o fluxo de água da superfície para a atmosfera, aquecimento e

resfriamento do ar e do solo, bem como a evapotranspiração (HELDWEIN *et al.*, 2012).

Diante disto, buscar o entendimento da complexa interação entre o sistema solo-planta-atmosfera é fundamental para que seja possível aperfeiçoar os estudos meteorológicos, além de auxiliar no monitoramento de processos físicos naturais ocorrentes em certas regiões, bem como as reações ambientais provocadas pelas atividades humanas, entendendo os impactos no ambiente, bem como suas implicações (CARNEIRO *et al.*, 2013).

2.3 Características do solo e da cobertura vegetal na temperatura do solo

Características próprias são observadas para as mais diversas classes de solo, dessa forma, se faz necessário que se identifique, de forma individual, como cada tipo de solo influencia em suas propriedades térmicas, as quais resultam de diversos fatores. Estudos regulares da temperatura do solo em diferentes profundidades permitem o conhecimento do comportamento térmico e a extração de importantes propriedades, dentre elas, a difusividade térmica (BELLAVER, 2009), que descreve quanto rapidamente um material reage a mudanças de temperatura quando submetido a diferentes níveis de entradas e saídas de calor.

No solo, a difusividade térmica está relacionada com a capacidade que o meio possui em conduzir calor através do seu perfil vertical, ou seja, indica a rapidez que o calor se difunde. Esta propriedade é função da granulometria, constituição, estrutura e densidade do solo, para ser breve, das diferentes classes de solo (SILANS, SILVA, BARBOSA, 2006). Citando como análogo, quando uma quantidade igual de energia está disponível para solos diferentes, o processo de aquecimento e resfriamento acontece de forma variável em função das suas características térmicas particulares (DINIZ *et al.*, 2013a).

Sendo notória sua importância e uma vez que diferentes tipos de solos possuem características individuais, torna-se fundamental que se identifique, para cada tipo de situação, as suas propriedades térmicas (DANELICHEN, BIUDES, 2011). Diante disso, também se torna primordial os estudos do comportamento térmico do solo em função da radiação solar para situações particulares e propriedades específicas do solo, vegetação e condições do meio. (DINIZ *et al.*, 2013b).

Além da influência das classes de solo, o balanço de radiação solar sofre variações em decorrência de áreas de floresta, pois estas apresentam índices de vegetação maiores ou menores em função do estoque de biomassa, ambientes vegetados influenciam também na energia local, que por sua vez acarretam mudanças no particionamento de energia que é destinada ao calor sensível, calor latente e aquecimento do solo (BIUDES *et al.*, 2015).

Diante disso, aquecimentos excessivos são evitados com a presença de cobertura sobre

a superfície do solo, reduzindo a radiação direta no solo e mantendo a umidade e diminuindo as oscilações térmicas e hídricas, tornando o sistema mais estável (RIBAS *et al.*, 2015).

Diversas interações ocorrem entre o sistema solo-atmosfera, e para que isso ocorra, os perfis de temperatura e umidade do solo são sujeitos, dentre outras variáveis, as trocas de vapor de água e de calor com a atmosfera, que, por conseguinte, dependem da vegetação local e do clima (ALVALÁ *et al.*, 2002). Neste sentido, percebe-se que o comportamento termodinâmico dinâmico da vegetação e do solo influenciam diretamente a temperatura do solo e suas variações diárias (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

2.4 Variações diárias da temperatura e fluxo de calor do solo

Características físicas, biológicas e químicas do solo, assim como a variação temporal da transferência de água e calor entre as suas camadas e a atmosfera, são fatores que estabelecem as flutuações de temperatura dos perfis de solo nas mais diversas localidades do planeta (LIMA *et al.*, 2013). Tais flutuações influenciam na decomposição e mineralização da matéria orgânica e liberação de dióxido de carbono, afetando de forma significante a respiração do solo, sobretudo em florestas tropicais (GRAHAM *et al.*, 2010).

O regime térmico do solo é definido pelo ganho de calor da superfície, pela radiação solar e transporte de energia, por condução, para sua camada mais interior. Ao longo do dia, a superfície ganha calor, acarretando um fluxo para os horizontes mais profundos do solo. Durante à noite, com o resfriamento da superfície pela ausência de radiação solar, o fluxo de calor inverte o sentido, passando das camadas mais interiores do solo para as camadas mais superficiais e desta para o ambiente e atmosfera terrestre (NEVES *et al.*, 2013).

Em função disso, a superfície do solo é mais suscetível às oscilações de temperatura, isso se deve ao fato de estar mais exposta a diversas condições atmosféricas. A radiação influencia fortemente no solo devido à sua boa capacidade de absorver energia radiante, sendo que o volume absorvido depende dos níveis de radiação e também da inclinação que os raios solares chegam ao solo, além disso, características do ambiente como cobertura vegetal e propriedades do solo, como a estrutura, cor e umidade (ROSA *et al.*, 2009).

A transferência de calor no solo é o processo pelo qual ocorre o fluxo de calor entre as suas camadas, partindo dos perfis mais superficiais para às de maior profundidade e também no caminho contrário (LEITE *et al.*, 2018). Esse processo é fundamental pois é através dele que ocorre alterações no regime térmico do solo, na germinação de sementes, emergência de plântulas, crescimento inicial, desenvolvimento vegetativo, maturação e produção vegetal (POULOVASSILIS *et al.*, 1998).

Os efeitos do fluxo de calor do solo são difundidos pelo perfil do solo através dos mais diversos processos complexos de transporte, onde as propriedades do solo afetam as taxas de fluxo, as quais são variáveis tanto no tempo quanto no espaço (FERREIRA, 2017).

A difusividade térmica do solo e o fluxo de calor são fatores primordiais no balanço de energia da superfície, sobretudo, para regiões secas, já que essas possuem temperaturas mais elevadas, influenciando potencialmente no conteúdo de água no solo (SANTOS, 2014).

A condução é o mecanismo pelo qual ocorre a transferência de calor no solo, pela qual, por agitação de moléculas, transmite-se as moléculas adjacentes, decrescentemente, essa transmissão ocorre em desequilíbrio térmico do sistema, tanto durante o dia como a noite, caracterizando dessa forma a ocorrência de trocas de calor entre a superfície e os comportamentos mais profundos do solo, bem como a para a atmosfera (COUTO, 2016).

O fluxo de calor é intimamente sujeito as propriedades físicas do solo, as quais incluem a condutividade térmica, que é a habilidade do solo em carrear calor; a difusividade térmica, sendo essa a habilidade de um solo em difundir calor e a capacidade calorífica volumétrica, que indica a capacidade de um solo em reter calor (CARNEIRO *et al.*, 2013).

Em consequência da variação na temperatura ser resultante do fluxo de calor no solo, torna-se um componente imprescindível ao balanço de energia proveniente da superfície; sendo este, capaz de fundamentar o armazenamento e a transferência de calor no interior do solo, além disso, as trocas que ocorrem entre o solo - atmosfera (MOURA, QUERINO, 2010).

A quantificação do fluxo de calor no solo é de fundamental importância em estudos de balanço de energia, isso porque corresponde as entradas e saídas de energia em determinado meio, facilitando, assim, o aumento ou diminuição nos fluxos de calor latente e sensível e, por conseguinte, elevando ou diminuindo as taxas de evaporação e transpiração do solo e das espécies vegetais da região (GALVANI *et al.*, 2001).

2.5 Efeito da temperatura do solo na germinação de sementes

A temperatura do solo é determinante na velocidade de germinação de sementes e no crescimento e desenvolvimento das plântulas, de maneira geral, influenciando principalmente nos subperíodos de semeadura-emergência, afetando diretamente no crescimento normal ou anormal das plântulas (AZEVEDO, GALVANI, 2003).

No processo de germinação, a temperatura é um fator crucial que interfere no processo, tanto considerando o aspecto de germinação total, como de velocidade de germinação. A temperatura atua tanto na velocidade de absorção de água, como também nas reações bioquímicas que regem todo o processo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Partindo desse

princípio, existe uma temperatura ótima que propicia uma porcentagem de germinação máxima em um curto intervalo de tempo, dessa forma, também existem temperaturas máximas e mínimas que são pontos limitantes para a germinação das sementes, salientando que cada espécie possui uma faixa de temperatura ótima (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Vários fatores influenciam no potencial de germinação da semente e emergência de uma plântula, dentre eles, a temperatura do solo, potencial hídrico, luz, condições gasosas e teor de nitrato (GUILLEMIN, 2013). A temperatura também pode induzir à dormência ou levar as sementes a superá-la, pois regulam a distribuição da germinação ao longo do ano, bem como a variabilidade das espécies no ambiente (ORZARI *et al.*, 2013).

As condições térmicas na germinação de sementes constituem uma das importantes variáveis a serem analisadas no desenvolvimento de plantas. Se tratando das espécies que ocorrem em regiões semiáridas, mecanismos fisiológicos de convivência com à seca têm sido estudados em espécies vegetais, não obstante, pouco ainda se sabe sobre o comportamento e os mecanismos das espécies da região às condições de déficit hídrico e temperaturas elevadas, comumente ocorrentes na caatinga e Semiárido brasileiro (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O déficit hídrico ocorrente na região nordeste vem sendo estudado nos últimos anos, bem como sua influência na flora local, esses estudos visam melhorar a convivência com as condições climáticas da região, no entanto, as sementes de espécies ocorrentes em ambientes Semiáridos também são fortemente influenciadas pelas constantes oscilações na amplitude térmica (BEWLEY *et al.*, 2013).

2.6 Interações entre o conteúdo de água e temperatura do solo

Os estudos do conteúdo de água são tão importantes quanto os de temperatura solo, pois ambos atuam em vários fatores interligados ao crescimento e desenvolvimento vegetal (STEFANOSKI *et al.*, 2013). Dependendo do local e tipo de ecossistema envolvido, padrões diferentes são observados na interação da superfície com a atmosfera, que é responsável por controlar o clima local, interferindo no conteúdo de água e temperatura do solo, onde esses interagem de forma interligada se influenciam de forma mútua (COSTA *et al.*, 2007).

A temperatura do solo e o conteúdo de água no solo sofrem influências de diversos fatores do meio que estão inseridos, como precipitação, radiação solar incidente, características do solo, quantidade de água que infiltra (TORRES, 2003), condições atmosféricas, velocidade do vento, cobertura florestal ou espécies cultivadas e ainda a cobertura do solo por matéria orgânica por restos vegetais e animais (KNIES, 2010).

Em regiões com predomínio de secas extremas, a água se torna um fator limitante e

significativamente influente nas mudanças do ambiente (SANTOS *et al.*, 2011). Pan *et al.* (2008) ainda destacam que a disponibilidade de água no solo é um parâmetro que limita o tamanho e a quantidade de espécies em regiões áridas que possuem baixos índices pluviométricos, sendo um fator restritivo para ocorrência das espécies.

A temperatura do solo é potencialmente influenciada pelo conteúdo de água existente e, em função disso, a alteração na quantidade de água no solo gera modificações na condutividade térmica do solo e no calor específico (ZWIRTES, 2017).

Como a condutividade térmica é a capacidade de transferência de calor por meio dos pontos de contato entre as partículas, o aumento do conteúdo de água do solo cria um aumento na condutividade, gerando maior área de contato entre as partículas, acarretando em uma maior dinâmica nas transferências de calor. O calor específico, que pode ser definido como a quantidade de energia térmica que é necessária para aumentar em 1K a temperatura de 1 m³ de solo ou água, sofre influência do conteúdo de água (PREVEDELLO, 2010).

Para se entender o equilíbrio do conteúdo de água no solo e sua variabilidade em decorrência do tempo e espaço, é importante que se quantifique as relações entre geologia, ecologia, hidrologia e a região em que se trabalha. Então, as elevadas temperaturas ocorrentes afetam diretamente na absorção de nutrientes, respiração dos microrganismos e no crescimento das raízes no solo e desenvolvimento da parte aérea (BAO *et al.*, 2016).

2.7 Balanço de energia térmica

A radiação global é o resultado da soma da radiação difusa com a radiação direta, sendo fundamental para ocorrência de todos os processos atmosféricos, tendo sua distribuição mutável, pois ocorre alterações na radiação em seu percurso até a superfície, como difusão, absorção e reflexão (TUBELIS, NASCIMENTO, 1980).

O balanço de energia é um dos métodos de se avaliar as respostas dos ecossistemas às condições ambientais, que por sua vez é representado pelas partições nos fluxos de calor sensível, calor latente e calor no solo (KRISHNAN *et al.*, 2012).

O estudo do balanço radiativo à superfície é uma das formas de se caracterizar a interação que ocorre entre a biosfera e atmosfera e, de forma geral, são utilizados métodos micrometeorológicos ou mesmo pelo uso de diversas técnicas de sensoriamento remoto, através de imagens obtidas de satélite (ZHANG *et al.*, 2010).

Diversos estudos apontam que a substituição da vegetação de ambientes preservados por monocultivos modificam os níveis de cobertura vegetal, afetando diretamente o balanço de energia e radiação em escala local, acarretando em mudanças no clima e hidrologia (DAVID *et*

al., 2011; LU *et al.*, 2011; SPRACKLEN *et al.*, 2012; CHAMBERS, *et al.*, 2017).

Conhecer o saldo de radiação é de grande importância para a criação de modelos de gerenciamento e conservação dos recursos naturais, tendo em vista que esse saldo que é responsável pelas trocas de calor e massa na troposfera, aquecendo o solo e o ar, além de ocasionar a evapotranspiração da vegetação, evaporação de oceanos, lagos, açudes e culturas agrícolas e florestas plantadas (SILVA, 2005).

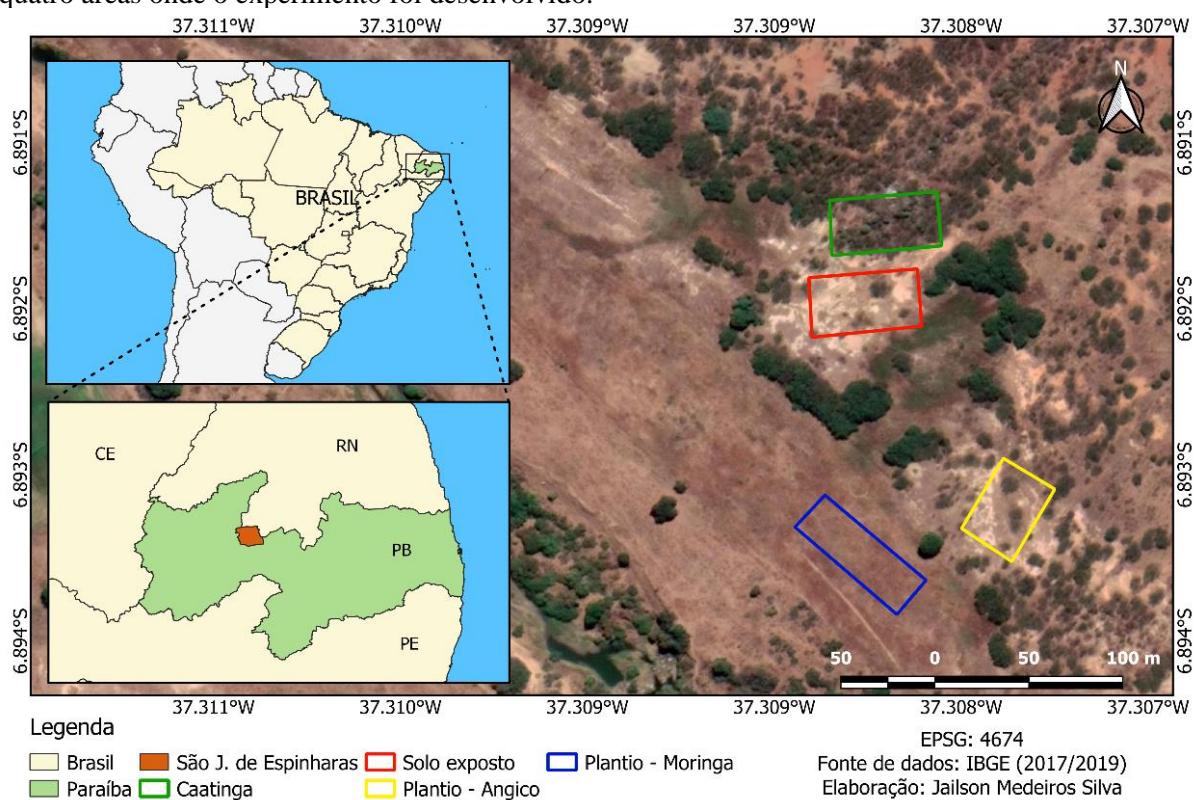
Nesse contexto, as técnicas de sensoriamento remoto surgem como mecanismos de baixo custo e boa assertiva para estimar as trocas radioativas e energéticas na superfície (MACHADO *et al.*, 2014). Essas técnicas possibilitam avaliar os ciclos de carbono e água, particionamento de energia de uma determinada região, isso tudo com maior quantidade de dados temporais e espaciais (ALLEN *et al.*, 2011), Tornando-as assim, poderosas ferramentas para obtenção de dados a respeito manejo de água, solo, vegetação, bem como dos recursos naturais, (BRAGA *et al.*, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área do experimento

O presente estudo foi realizado na Fazenda São Gabriel, município de São José de Espinharas – PB, inserida nas seguintes coordenadas geográficas: 6°53'33.83"S; 37°18'28.57"O, em quatro áreas, sendo elas: área 1 - Cultivo de moringa (*Moringa oleifera* Lam); área 2 - Cultivo de angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. Cebil (Griseb.) Altschul); área 3 – Ambiente de Caatinga e área 4 –Solo desnudo (sem vegetação) (Figura 1).

Figura 1 – Mapa do Estado da Paraíba, localização do município de São José de Espinharas, e as quatro áreas onde o experimento foi desenvolvido.



A pesquisa foi desenvolvida de 19 a 25 de maio de 2021. Durante o experimento, diariamente foram coletados dados de temperatura e conteúdo de água do solo, direção e velocidade do vento, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, pluviosidade e luminosidade. Ao longo do dia as coletas de todas as variáveis mencionadas foram realizadas nos horários de 6h00, 9h00, 12h00, 15h00 e 18h00 horas. o período de realização do experimento ocorreu no final da estação chuvosa na região.

O município de São José de Espinharas se enquadra no bioclima 4aTh – tropical quente, com seca acentuada e de acordo com a classificação de Köppen, a predominância é do tipo BSh (quente e seco), possui altitudes médias de 271 m, período de estiagem ocorrente de oito a dez

meses por ano, com uma média pluviométrica em torno de 400 a 600 mm (ALVARES *et al.*, 2014).

3.2 Caracterização das áreas de estudo

As áreas de estudo foram definidas de acordo com o tipo de cobertura vegetal presente, ou ausência de vegetação, nesses ambientes.

A área 1 apresenta o cultivo de moringa e solo classificado como Neossolo flúvico, o plantio de moringa foi realizado através de semeadura direta no espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, no início do mês de abril/2021. Sua localização está situada entre as coordenadas 06°53'35.59"S; 37°18'29.58"O. As plantas de moringa ao longo da coleta de dados eram jovens e estavam em estágio inicial de crescimento (Figura 2).

Figura 2. Área do cultivo de moringa, Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, PB.



A área 2 é constituída pelo cultivo de angico e a classe de solo Planossolo Nátrico. As mudas foram produzidas no viveiro florestal pertencente a Universidade Federal de Campina Grande/ Centro de Saúde e Tecnologia Rural (UFCG/CSTR) e plantadas no início do mês de Abril/2021 em covas espaçadas 3,0 m x 3,0 m. A área do plantio está inserida nas coordenadas 06°53'34.90"S; 37°18'26.88"O (Figura 3).

Figura 3. Área do cultivo de Angico na Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, Paraíba. 2021.



A área 3 foi alocada em ambiente de Caatinga com presença do Cambissolo Háplico. no local existe a predominância das espécies *Croton blanchetianus* (marmeiro), *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis (catingueira), e a *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (jurema preta), além da ocorrência de espécies herbáceas, cactáceas e bromeliáceas. A área está localizada nas seguintes coordenadas: 06°53'29.63"S; 37°18'29.11"O (Figura 4).

Figura 4. Área de Caatinga na Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, Paraíba. 2021.



A área 4 está inserida em um ambiente onde o solo não possui cobertura vegetal, seja ela lenhosa ou herbácea. O solo pertence a classe Neossolo litólico, estando totalmente exposto a radiação solar ao decorrer do dia. A área fica localizada nas seguintes coordenadas: 06°53'31.49"S; 37°18'29.30"O (Figura 5).

Figura 5. Área de Solo exposto na Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, Paraíba. 2021.



3.3 Coleta de dados da temperatura do solo

Para aferição da temperatura do solo foram utilizados termômetros digitais do tipo espeto, modelo K29-5030. As avaliações foram realizadas em três profundidades (0; 7,5 e 15 cm), com oito repetições por área, em cada um dos horários supracitados e durante os sete dias que integraram a coleta de dados na área de estudo (Figura 6).

Figura 6. Aferição da temperatura solo (°C), nas três profundidades (0,0; 7,5; 15 cm), realizada na Fazenda São Gabriel no município de São José de Espinhas, PB.



As temperaturas foram aferidas nas quatro áreas de forma simultânea, para tanto, foram padronizados intervalos de 30 segundos de estabilização do termômetro e posterior leitura, afim de gerar maior padronização de aferição nas diferentes áreas de estudo. Na área de caatinga e do solo exposto, as temperaturas foram medidas em pontos aleatórios e nos plantios de moringa e angico, as temperaturas foram aferidas nos quatro pontos cardeais de plantas escolhidas de forma sistemática na parte mais central dos plantios.

Para realizar a aferição das temperaturas do solo nas profundidades de 7,5 e 15 cm de profundidade, o solo foi perfurado com hastes de ferro nas diferentes áreas para que fosse possível inserir o termômetro. Para saber quando as profundidades eram atingidas, foi demarcado nas hastes as devidas medidas; após atingir a profundidade pretendida a haste de ferro era removida e colocado o termômetro para verificação da temperatura (Figura 7).

Figura 7. Perfuração do solo para inserção do termômetro (A) e aferição da temperatura do solo em profundidade (B) na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas, PB. 2021.



3.4 Determinação do conteúdo de água do solo

Na determinação do conteúdo de água no solo, foram coletadas duas amostras de solo em cada área e em cada um dos horários de coleta, ao longo de todos os dias. O solo coletado foi acondicionado em latas de alumínio (com peso conhecido), e fechadas hermeticamente (Figura 8A). Depois, foram armazenadas em caixa de isopor e transportadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, UFCG, Campus de Patos, PB (Figura 8).

Figura 8. Coleta de solo em área experimental (A) e Procedimentos laboratoriais para determinar o conteúdo de água no solo (B, C, D), 2021.



Em laboratório as latas foram pesadas (8B) para se obter o peso da massa úmida (Pu); após isso, foram colocadas em estufa a uma temperatura de 105°C por 24h (Figura 8C) e então, foram levadas ao dessecador (Figura 8D) até reduzir a temperatura e depois disso foram pesadas para obtenção do peso seco (Ps). O conteúdo de água foi definido a partir da equação:

$$U = \frac{(Pu - Ps)}{Ps} \times 100$$

Onde:

U = Conteúdo de água no solo;

Pu = Massa do solo úmido

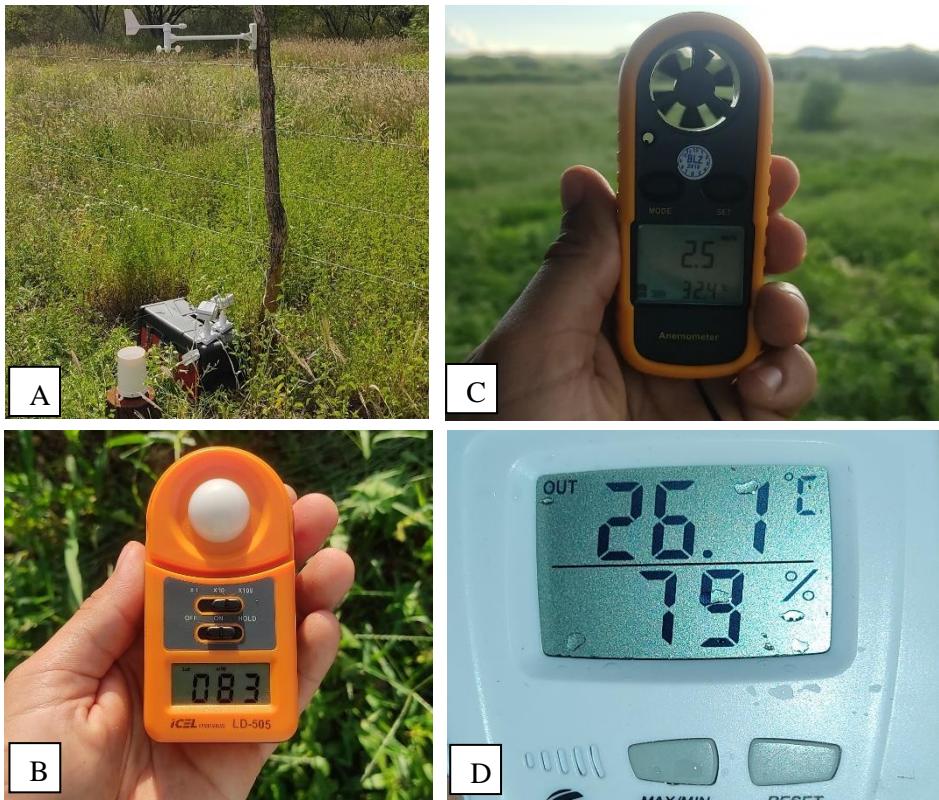
Ps = Massa de solo seco

3.5 Coleta de outras variáveis microclimáticas

Para obtenção de dados referentes a direção do vento e pluviosidade ao longo do experimento, utilizou-se uma estação portátil fixada na parte mais central da propriedade, junto a esta, foi fixado também um termo-higrômetro digital (Incoterm) para obtenção da umidade relativa do ar ao decorrer de todo período experimental.

Na aferição da velocidade do vento e temperatura ambiente nas diferentes áreas de estudo, fez-se uso de anemômetros do tipo Paraglider Kite Drone – DACAR, em cada horário nas diferentes áreas. Além disso, para obtenção da luminosidade nas áreas, foram utilizados luxímetros digitais de 50.000 lux Icel Ld-505. (Figura 9).

Figura 9. Estação portátil (A), luxímetro (B), anemômetro (C) e Termohigrômetro (D) utilizados na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas, PB/ 2021.



3.6 Análise estatística dos dados

Para a temperatura do solo considerou-se o delineamento inteiramente casualizado sob parcelas subdivididas 4 x 3 (quatro áreas e três profundidades), subsubdivididas no tempo (cinco horários de coleta). Para o conteúdo de água no solo, considerou-se um delineamento misto, tendo como tratamento as quatro áreas com duas repetições, subdivididas no tempo. Para as demais variáveis (temperatura ambiente, pluviosidade, velocidade do vento, direção do vento, luminosidade e umidade do ar) empregou-se um delineamento inteiramente casualizado subsubdividido no tempo.

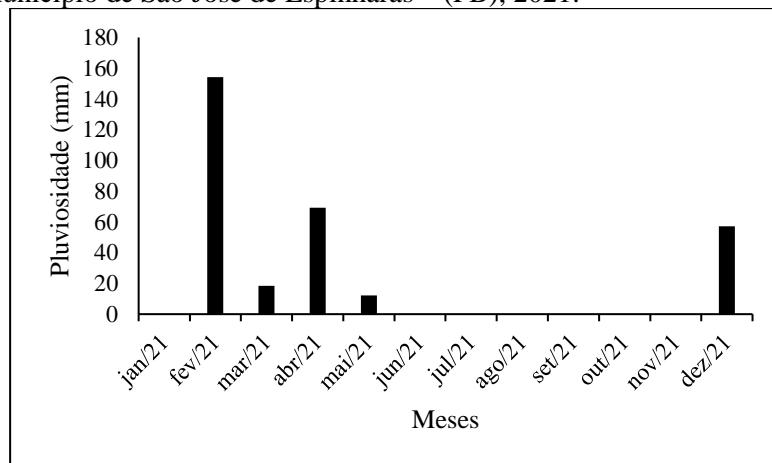
Os dados referentes a temperatura e conteúdo de água do solo foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de significância, fazendo uso do software SAS/STAT 9.3 (2011). os dados de temperatura do solo também foram submetidos análise de regressão. Os dados foram também submetidos a análise de componentes principais (ACP) e de agrupamento, através do software R. Ademais, realizou-se a análise de correlação de Pearson entre as diversas variáveis coletadas por meio do software PaST.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Conteúdo de água do solo

Durante a coleta de dados (19 a 25 de maio/2021) não ocorreram chuvas. Ao longo do ano, a pluviosidade do município totalizou 311 mm, sendo que as maiores precipitações pluviais ocorreram nos meses de fevereiro, abril e dezembro (AESÁ, 2021). (Figura 10).

Figura 10. Pluviosidade (mm) durante o ano 2021 no qual foi desenvolvido a pesquisa na Fazenda São Gabriel, no município de São José de Espinharas – (PB), 2021.



Em função da pluviosidade do ano de 2021, mais especificamente do mês no qual o experimento foi desenvolvido (maio/2021), que totalizou apenas 12,1 mm, o conteúdo de água diferiu significativamente entre as áreas, mas não apresentou alterações significativas em função dos horários de coleta ao longo de todo experimento analisado (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de conteúdo de água (%) em função dos horários e áreas na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas (PB), 2021.

Áreas	Horários					Média
	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	
Angico	5,95	6,61	5,73	8,35	6,06	6,54 a
Caatinga	6,22	6,91	6,14	6,74	6,11	6,42 a
Moringa	8,53	6,96	7,1	6,26	6,07	6,98 a
Solo exposto	4,61	5,47	4,22	3,95	4,3	4,51 b
Média	6,33 A	6,49 A	5,8 A	6,32 A	5,63 A	6,12
DMS	Áreas:	Horários:				
	1,31	1,63				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha (horário) e minúscula na coluna (áreas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na tabela 1 que não ocorreram variações significativas no conteúdo de água entre os horários nas áreas, explicando-se pelo fato que não ocorreram chuvas para potencializar as entradas de água nas áreas ao longo do dia e ao mesmo tempo, as saídas também não foram maximizadas em função das condições atmosféricas ocorrentes durante o período, ficando o balanço sujeito apenas aos tipos de cobertura, que por sua vez, influenciaram na quantidade de água presente no solo.

As áreas com cobertura vegetal se mostraram com uma quantidade de água no solo significativamente maior em relação ao solo totalmente exposto, isso porque a presença da vegetação absorve, reflete e transmite a radiação solar, evitando o aquecimento excessivo do solo, evaporação e perda de água. Também é importante evidenciar que áreas vegetadas propiciam ao solo melhores condições de infiltração, facilitando a chegada da água em camadas mais profundas através da ação das raízes, assim, esta capacidade de retenção está diretamente relacionada à ação do homem no meio (CHENG *et al.*, 2002).

Além disso, o conteúdo de água no solo tem alto grau de variabilidade no tempo e no espaço, regido por fatores como o tempo, vegetação, textura do solo e concomitante a isso, a topografia local onde determinado tipo de solo está inserido (SANTOS *et al.*, 2011).

Dessa forma, verifica-se a importância da presença da vegetação nos mais diversos locais e condições, isso fica demonstrado pois o solo totalmente exposto além de estar mais sujeito aos intempéries atmosféricos, limita o crescimento e desenvolvimento das mais diversas formas de vida, desde vegetais até a biota do solo, se devendo a redução da quantidade de água. Lopes *et al.* (2011) perceberam que o conteúdo de água muda em função da presença ou ausência da vegetação ocorrente na área, uma vez que o conteúdo de água em áreas desertificadas e queimadas foi 0 e em áreas com a presença de vegetação esse mesmo índice obtido foi de 0,57.

A presença de maior conteúdo de água no solo nas áreas com presença vegetal é de grande relevância, onde o fornecimento de água para as plantas é um misto de diferentes fatores químicos e físicos; a título de exemplo, a estrutura, granulometria, conteúdo de matéria orgânica, bem como a cobertura vegetal, em acordo com a variabilidade pedogenética e associações com as interfaces climáticas, os solos dispõem de comportamento diferente em relação à dinâmica e armazenamento de água.

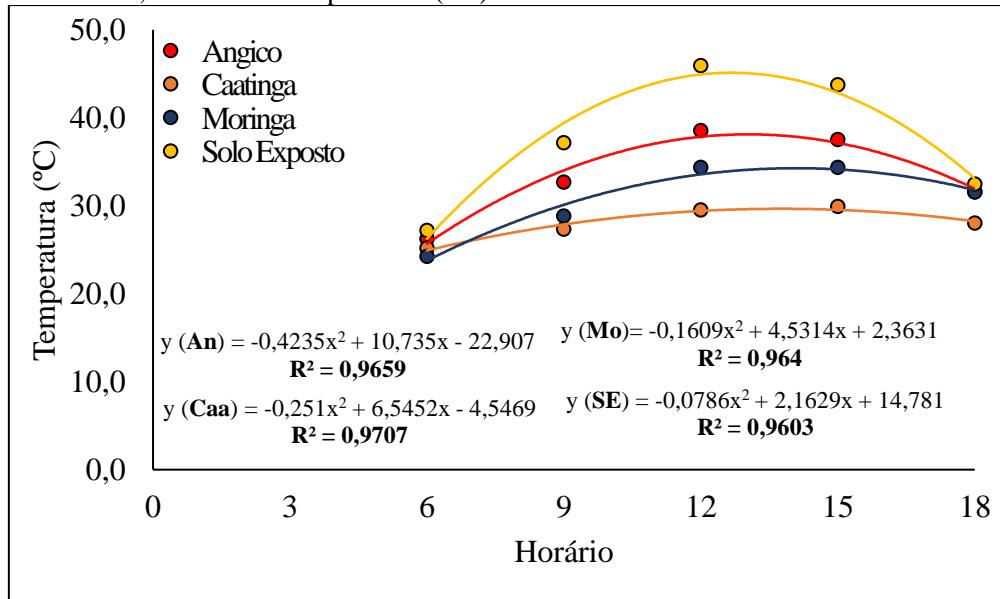
4.2 Temperatura do solo em função do tempo e profundidade

Foi observado efeito significativo para regressão quadrática em todas as áreas estudadas no experimento para a variável temperatura. Constatou-se que a área com solo totalmente exposto apresentou as temperaturas mais elevadas em todos os horários em relação aos outros ambientes analisados, seguido pelo cultivo de angico e cultivo de moringa, respectivamente. Santos *et al.* (2014) destacam que solos com maiores quantidades de argila possuem elevada quantidade de microporos, facilitando a retenção de água, elevando o conteúdo de água do solo e de forma associada, potencializando a difusividade térmica. Além disso, a presença da vegetação também tem forte influência na dinâmica térmica do solo.

Nos horários com menor radiação solar diária (6h e 18h), as temperaturas dos solos na superfície nas diferentes áreas convergiram rapidamente para valores aproximados ao da temperatura ambiente, sugerindo como a temperatura do solo está intimamente relacionada com a incidência da radiação solar, havendo perda rápida de energia da superfície com a ausência da luz do sol. Além disso, as áreas apresentaram comportamentos semelhantes ao decorrer do dia, com aumento na temperatura do solo até o horário em torno das 13 horas e a partir desse horário, as temperaturas tiveram redução gradual até as 18 horas. Essa elevação de temperatura se deve ao acúmulo de energia no solo ao longo do dia, onde a quantidade de calor absorvido é maior que a quantidade de calor refletida para a atmosfera.

Dantas *et al.*, (2017) afirmam que a temperatura do solo oscila frequentemente, estando intimamente ligada ao ciclo de radiação que propicia variações diárias significativas nos primeiros 30 cm abaixo da superfície do solo. A área de Caatinga apresentou menores amplitudes térmicas ao longo do dia, isso porque a vegetação absorve e reflete parte da radiação, chegando ao solo apenas a radiação transmitida pela copa, mais uma vez reforçando o equilíbrio que a floresta desempenha, melhorando as condições do solo para facilitar o desenvolvimento das raízes e organismos (Figura 11).

Figura 11. temperatura (°C) do solo ao longo do dia, em áreas com diferentes coberturas vegetais na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas (PB).



Embora tenham apresentado temperaturas mais elevadas ao decorrer do dia em relação a área de Caatinga (Figura 11), as áreas de plantio, mesmo em estágio inicial desenvolvimento, apresentaram temperaturas mais amenas em relação ao solo totalmente exposto. Essa redução na temperatura propiciada pelas plantas facilita seu desenvolvimento, bem como da fauna edáfica, trazendo inúmeros benefícios ao local. Segundo Lavelle e Spain (2001), a temperatura é o fator primordial para regulação e ativação metabólica da fauna edáfica do solo e, associada a umidade, determinam os períodos de maior atividade e distribuição espacial desses. Arbea e Basco-Zumeta (2001) ainda destacam que a temperatura é um dos fatores que determinam o habitat ideal e influenciam a taxa de reprodução, crescimento dos indivíduos e sua distribuição vertical ao longo do perfil.

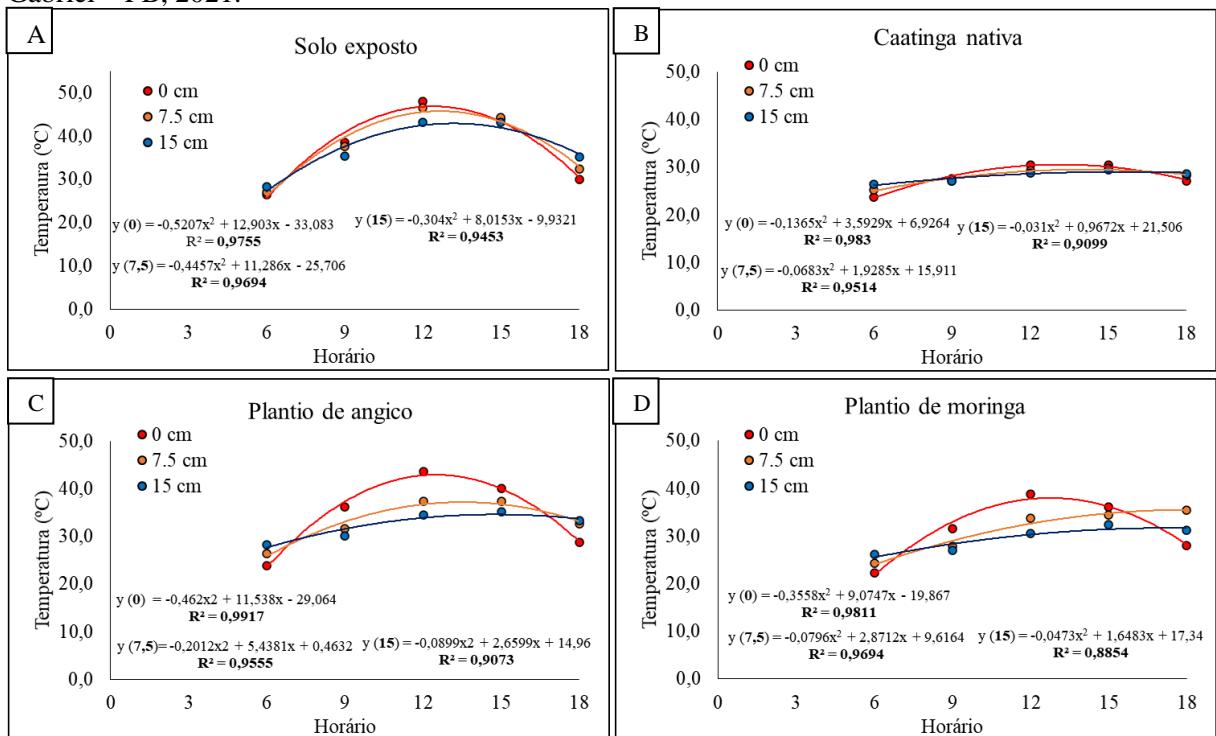
Cortez *et al.*, (2015) sugerem que em ambientes recobertos ou não por vegetação, o aquecimento do solo elevado está associado com o coeficiente de reflexão de radiação solar (albedo), sendo este suscetível as variações decorrentes do tipo de cobertura vegetal e seu nível de crescimento e estágio de desenvolvimento, dessa forma, quanto maior for o albedo, menor será o aquecimento de determinado solo.

Normalmente são observados solos desnudos em sistemas produtivos no Brasil. Nessas circunstâncias, se tratando de um país de clima tropical onde temperaturas elevadas são comuns, as oscilações diárias de temperatura do solo afetam diretamente a dinâmica química e biológica do solo (BELAN *et al.*, 2013). A elevação da temperatura do solo é resultado de uma série de modificações em diversos subsistemas. Nesse contexto, é um parâmetro que influencia na

dinâmica desse ambiente, possuindo uma importância relevante na manutenção dos níveis de produtividade e qualidade (ELTZ, ROVEDDER, 2005).

Na figura 12, analisando as áreas isoladamente nas diversas profundidades, é possível observar que a temperatura do solo responde de forma diferente as condições de cobertura do solo a qual está submetida. A área de solo recoberto por vegetação nativa (Figura 12B) apresentou as menores amplitudes térmicas em todas as profundidades, além de ser a única área a apresentar temperaturas em torno de 30°C ao longo de todo o estudo, inclusive na superfície. As áreas de plantio apresentaram amplitudes térmicas mais elevadas em superfície e mais equilibradas nas demais profundidades (Figura 12C e Figura 12D), isso porque a superfície do solo está mais suscetível a radiação solar em relação as demais profundidades. Em relação a área de solo exposto, essa apresentou as maiores amplitudes térmicas, atingindo temperaturas elevadas em todas as profundidades estudadas (Figura 12A).

Figura 12. Temperatura do solo (°C) em diversas áreas e várias profundidades do solo na Fazenda São Gabriel – PB, 2021.



Eltz e Rovedder (2005) analisando a dinâmica térmica do solo em ambientes com vegetação e degradados identificaram que a temperatura do solo em profundidades de até 20 cm foram mais baixas em áreas com presença de vegetação, sendo esse efeito mais evidente após as 9 horas da manhã.

Gotardo *et al* (2019) analisando variáveis microclimáticas em ambiente aberto e florestal no bioma Mata atlântica, também constataram temperatura de solo mais baixas no interior da floresta em relação a área de pastagem, sugerindo que isso se dá pelo menor nível de radiação solar que chega ao solo florestal, acarretando menor fluxo de calor no interior da floresta, afirmado também que dessa forma, em áreas de floresta, a ciclagem de nutrientes ocorre de forma mais lenta, gerando maior acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo.

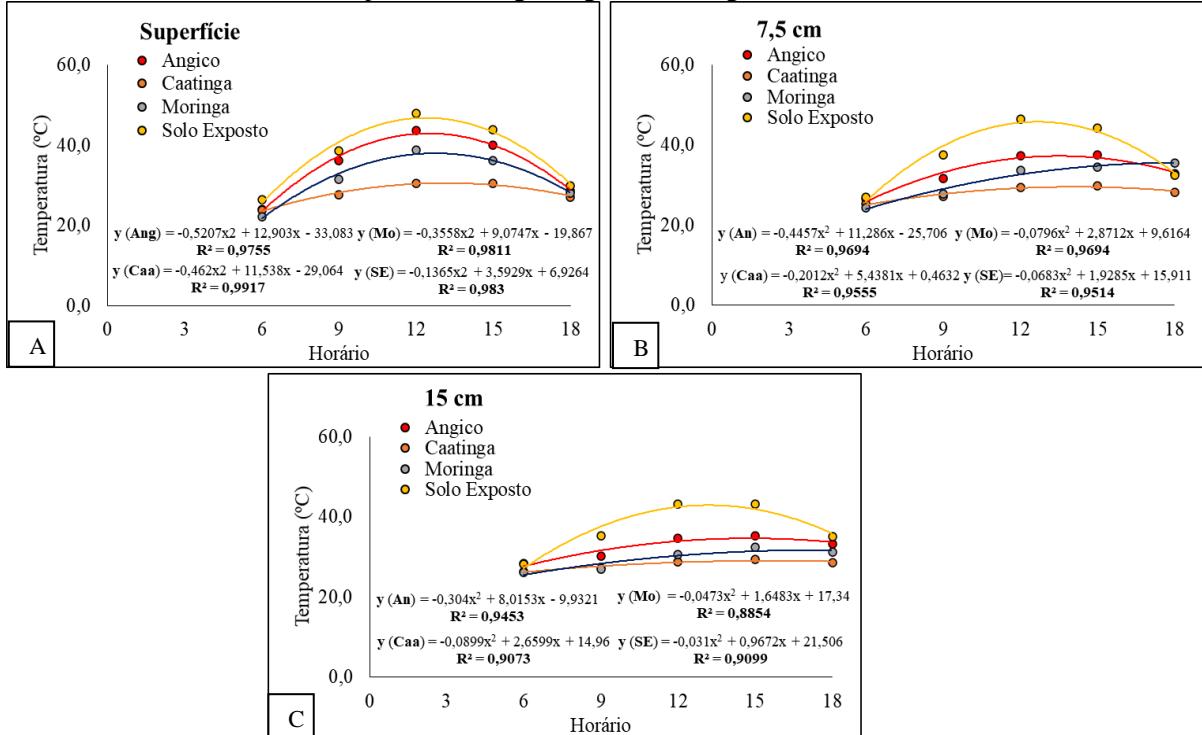
Em relação as áreas de plantio (Figura 12C e Figura 12D), essas também atingiram uma maior amplitude térmica em sua camada superficial, mas suas camadas inferiores se mostraram estáveis, sugerindo que os plantios, mesmo em estágio juvenil, propiciaram uma estabilização de temperatura nas camadas subjacentes.

Ainda em relação aos plantios, é importante levar em consideração que tanto na área de moringa quanto na área com angico, se tratam de plantas jovens e devido ao porte dos indivíduos, número e tamanho das folhas, ainda não propiciam o mesmo sombreamento para o solo como a vegetação nativa, mesmo assim, propiciam condições mais adequadas para o solo do que nas condições de exposição total aos raios solares.

A radiação solar que é interceptada pelas plantas é absorvida, refletida e transmitida em quantidades que oscilam em função de parâmetros biológicos e físicos, a título de exemplo, o porte e o tamanho da vegetação, assim como o tamanho e a coloração e idade das folhas, além disso, o ângulo de incidência dos raios solares, dessa forma, diferentes tipos de cobertura vegetal propiciam a formação de microclimas distintos, exercendo grande influência na temperatura da superfície (DUTRA *et al.*, 2020).

Comparando as áreas em função de cada profundidade, é possível observar que existiram diferenças entre as temperaturas estudadas. O solo exposto expressou as maiores temperaturas em relação as demais áreas para todas as profundidades, enquanto a área de Caatinga nativa apresentou as menores temperaturas em todas profundidades (Figura 13).

Figura 13. Variações da temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) nas mesmas profundidades (0,0 (A); 7,5 (B); 15 (C) cm) e diferentes áreas (solo exposto, moringa, angico; Caatinga) na Fazenda São Gabriel – PB, 2021.



Martins (2021) realizando estudos sobre a temperatura do solo em área degradada no semiárido da Paraíba, constatou que nesse ambiente com ausência de vegetação, a capacidade de absorção de energia pelo solo é maior, resultando em maior amplitude térmica. O mesmo foi constatado no presente estudo, havendo maior amplitude térmica e temperaturas mais elevadas no solo totalmente exposto em relação a áreas com presença de vegetação.

Observa-se ainda na figura 13 que, conforme a profundidade aumenta, a variação na temperatura ao longo do dia decai, ou seja, camadas mais profundas do solo possuem uma amplitude térmica menor. Essa constatação é confirmada por Diniz *et al.* (2014), que realizando experimento com temperatura do solo no Instituto Nacional do Semiárido, na caatinga, concluíram que à medida que a profundidade aumenta, as variações de temperatura ao longo do dia se tornam mais discretas, concluindo também que a profundidade de um solo e sua amplitude térmica são grandezas inversamente proporcionais.

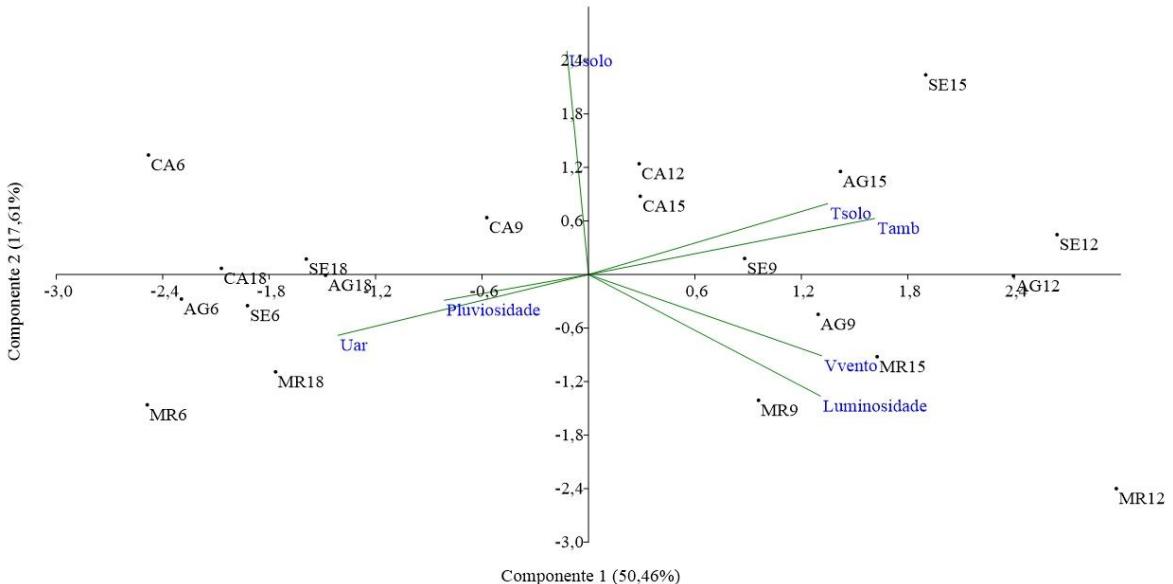
Bezerra *et al.* (2016), realizando estudo no semiárido Pernambucano, também constataram uma maior variabilidade de temperatura na superfície em relação a profundidade de 15 cm, associando isso ao fato da superfície do solo estar mais exposta aos elementos climáticos como radiação solar e temperatura do ar.

Além da vegetação, diversos parâmetros podem influenciar na variabilidade diária e anual da temperatura do solo no ambiente, assim, outras variáveis podem ser levadas em consideração na estocagem de calor no solo. Prevedello (1996), afirma que a capacidade de um solo de armazenar e transferir calor é definida pelas propriedades térmicas e condições meteorológicas do local, que por sua vez, influencia processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem no local em questão. Ainda segundo esse autor, a tendência crescente da temperatura ao longo do dia, nas camadas subjacentes, reflete a demora na propagação da energia nas diferentes profundidades em relação as camadas da superfície, acarretando menor amplitude térmica nas camadas profundas.

4.3 Análise de componentes principais

Na análise de componentes principais (ACP), se faz necessário entender as interações existentes entre os elementos escolhidos para a discussão, sendo eles a temperatura do solo, temperatura ambiente, umidade do solo, umidade do ar, luminosidade, velocidade do vento e pluviosidade em diferentes áreas (Solo exposto, Caatinga, Plantio de Angico e Plantio de moringa) e diferentes horários (6h, 9h, 12h, 15h e 18h) (Figura 14).

Figura 14. Análise de componentes principais para as diferentes áreas, horários e variáveis analisadas no experimento na Fazenda São Gabriel, São José de Espinharas, PB. 2021.



Usolo=Umidade do solo; Uar=umidade do ar; Tsolo=temperatura do solo; Tamb=Temperatura ambiente; Vvento=Velocidade do vento; Lum=luminosidade; Plu=Pluviosidade; MR= Área moringa; SE=Solo exposto; AG= Área angico; CA= Área Caatinga

Os dois componentes principais explicaram 68,07% da variação total dos dados, (Figura

14). Os dados indicam correlação positiva entre: velocidade do vento e luminosidade; umidade do ar e pluviosidade, temperatura ambiente e temperatura do solo, além disso, indicam correlação negativa para umidade do ar e temperatura do solo; umidade do ar e temperatura ambiente; pluviosidade e temperatura do solo e pluviosidade e temperatura ambiente.

Observa-se na figura 14 que a velocidade do vento está associada diretamente com a luminosidade, isso porque em ambientes com menor cobertura vegetal a luz chega ao ambiente com maior facilidade por falta de plantas para interceptar e absorver a luz do sol, da mesma forma, com a ausência das plantas no ambiente, o vento não encontra barreiras físicas para reduzir sua velocidade, fluindo livremente e podendo ganhar maior velocidade do que em ambientes de floresta, onde as plantas reduzem a velocidade com seus fustes e copas. Sendo assim, a vegetação surge como um terceiro fator na relação entre essas variáveis.

Gotardo *et al.* (2019) analisando variáveis microclimáticas em local aberto e em ambiente de floresta na região da Mata Atlântica, observaram que a velocidade do vento foi reduzida em 87,9% na área florestal em comparação a uma área aberta. Além disso, observaram que 88% da radiação que chega ao dossel da floresta é transmitida, absorvida ou refletida pela vegetação. Também observaram que ocorreu menor variação diária de radiação na presença de vegetação em relação a área de pastagem, reafirmando a capacidade que as árvores possuem em absorver, transmitir e refletir a energia e, dessa forma, atenuar a radiação e luminosidade.

A temperatura do solo e temperatura ambiente também se apresentaram associadas, demonstrando que existe uma correlação positiva entre ambas (Figura 14). Resultados de Oliveira *et al.* (2005) analisando a resposta do solo em função da cobertura vegetal, vêm de encontro aos observados no presente estudo, onde os autores observaram que a temperatura do solo apresentou tendência semelhante a temperatura ambiente, tendo em vista que a radiação solar aquece o ar pelo processo de convecção e o solo através do processo de condução ao decorrer do dia de forma associada e simultânea.

Ainda na figura 14, também é observada a relação positiva que existe entre a umidade do ar e a pluviosidade, uma vez que foi desenvolvido no decorrer do período chuvoso na região e mesmo não havendo altos índices de pluviosidade ao longo do experimento, ao final do dia e durante a noite, com a ocorrência de leves serenos típicos da época chuvosa, esses podem gerar relações entre essas variáveis. Carvalho *et al.* (2021) realizando experimento no pantanal Mato-Grossense também observaram que os maiores níveis de umidade do ar ocorreram no período de chuva da região, enquanto que no período mais seco do ano a umidade do ar foi mais baixa em relação a do período chuvoso.

A temperatura ambiente e a temperatura do solo são inversamente proporcionais tanto

com a chuva como com a umidade do ar, uma vez que na ocorrência de chuvas e aumento da umidade do ambiente, a temperatura tende a reduzir. Além disso, a temperatura do ar e do solo foram influenciadas pelo grupo dos horários que apresentam as temperaturas mais elevadas ao longo do dia (12h e 15h), enquanto a pluviosidade e umidade do ar foram mais influenciadas pelo grupo do horário das 18 horas, que além de haver ausência da radiação solar, também existe maior tendência da ocorrência de chuvas já que o experimento foi desenvolvido no período chuvoso que possui maior tendência de nuvens e elevação da umidade do ar nesse horário (Figura 14).

4.4 Correlação entre as variáveis de estudo

Na figura 15 é possível observar a matriz de correlação de Pearson formada a partir das diversas variáveis de estudo, confirmando os resultados demonstrados na análise de componentes principais (Figura 14). Na correlação, colorações em tons de vermelho indicam valores de correlação positivos, tons em azul indicam correlação negativa.

Figura 15. Correlação de Pearson (r) entre as diferentes variáveis do estudo, luminosidade (Lum); umidade do ar (Uar); umidade do solo (Usolo); velocidade do vento (Vv); temperatura ambiente (Tamb) e temperatura do solo (Tsolo) em área de Semiárido Paraibano. 2021.



* Correlação significativa a 10% de probabilidade pelo teste t.

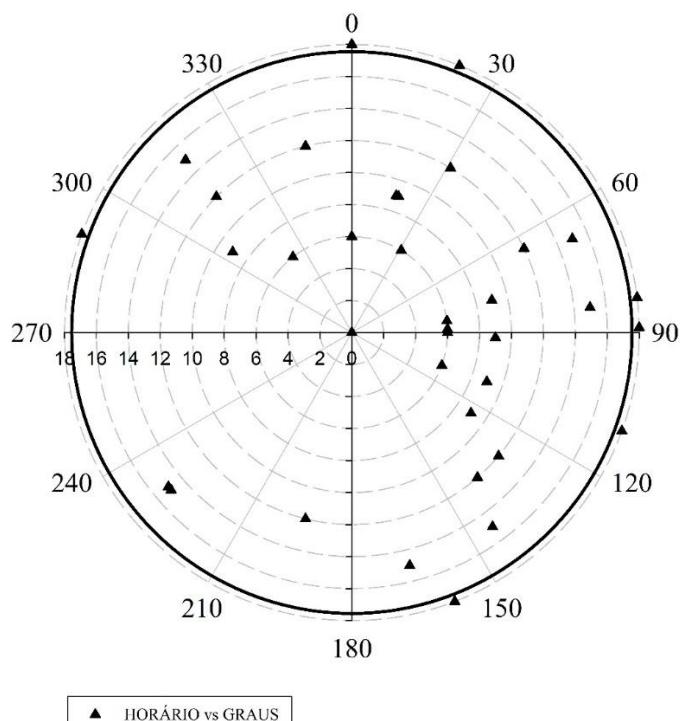
É possível notar uma correlação positiva entre a velocidade do vento e a luminosidade, bem como da temperatura do solo e da temperatura ambiente, ou seja, essas variáveis são diretamente proporcionais. Já entre a umidade do ar e temperatura do solo e umidade do ar e temperatura ambiente foi observada correlação negativa; isso quer dizer, que à medida que a temperatura ambiente e do solo aumentam, a umidade do ar diminui.

A pluviosidade e umidade do solo apresentaram correlação negativa com outras variáveis como a temperatura do solo, temperatura ambiente, velocidade do vento e umidade do ar, uma vez que ao decorrer do estudo não ocorreram chuvas para influenciar essas relações. Confirmando tais afirmações, Santos *et al.* (2009) indicam que ao passo que se registram maiores níveis de nebulosidade, observa-se menores níveis de radiação, resultando dessa forma em uma relação inversa entre variáveis que envolvem a radiação solar global e quantidades de conteúdo de água, podendo ser analisado também pelas oscilações das condições meteorológicas ao longo do tempo.

4.5 Distribuição da frequência de direção de vento

Na figura 16 é apresentada a direção do vento ao longo do período experimental, constituída com os dados de todos os horários e dias de coleta, indicando de que direção o vento que estava passando pela área estava vindo, ou seja, a montante.

Figura 16. Distribuição da frequência de direção de vento na fazenda São Gabriel, São José de Espinharas, PB. 2021.



Observando a figura 16 é possível analisar que de forma geral, o vento se mostrou

bastante variável nos horários e direções, isso pode estar associado ao período chuvoso da região, uma vez que durante essa fase do ano os ventos costumam ocorrer de forma mais aleatória em diversas direções. Resultados que evidenciam essa afirmação foram obtidos por Gisler *et al.* (2011), que realizando experimento para analisar o perfil do vento, concluíram que pode haver uma maior oscilação na direção do vento quando se associa a essas condições a maior ocorrência de nuvens e precipitações pluviais provenientes do sistema meteorológico do local, característico da época chuvosa.

Uma frequência mais acentuada pode ser observada para a direção sudeste (110°), ocorrendo ao longo do dia nos horários de 06h, 09h e 18h (Figura 16). Moraes *et al.* (2014) realizando pesquisas para a caracterização da velocidade e direção do vento em uma região do Semiárido Nordestino, também observaram que na maioria dos meses de estudo, como nesse trabalho, a direção do vento se apresentou frequente para direção leste e seu entorno.

Monteiro *et al.* (2012) caracterizando dos anos secos e chuvosos na região Semiárida do Rio grande do Norte, relataram que a frequência de vento mais ocorrente para o local de estudo foi das direções L-SE. Alves (2012) realizando estudo com intuito de determinar a potência média horária da direção predominante do vento, chegou à conclusão que, para o estado do Ceará, a direção predominante do vento é da direção leste. Resultados que reforçam mais uma vez os dados obtidos na presente pesquisa.

Para Romero (2000) o vento, tanto próximo da superfície do solo quanto em níveis mais elevados, apresenta influência direta no clima, sendo uma variável meteorológica importante, porém pouco estudada, apresentando variação tanto durante o dia, como de um dia para o outro. É necessário se dar ênfase a estudos que envolvam aspectos relacionados ao vento (direção e velocidade), tendo em vista que o mesmo afeta o crescimento das plantas, influenciando a transpiração e absorção de CO₂, além de provocar efeitos mecânicos nas folhas.

É importante conhecer a direção e velocidade do vento, uma vez que a massa de ar pode estar associada à alta energia das partículas constituintes (quentes) e com baixo teor de umidade (MUNHOZ; GARCIA, 2008), acarretando em um aumento na temperatura ambiente e, de forma associada, a temperatura do solo, alterando o microclima do local em questão.

A maior velocidade de vento observada ao longo da presente pesquisa foi de 2,9 m/s, isso pode ser explicado pelo fato de o estudo ter sido desenvolvido na época chuvosa, onde a intensidade do vento geralmente é menor quando se comparada com a estação seca. Guedes e Oyama (2004) afirmam que a diferença térmica entre o oceano e o continente é menor, resultando em ventos com menor intensidade, com velocidades aproximadas a 3 m/s.

5 CONCLUSÕES

A análise dos dados permite concluir que:

- Solos com a presença de vegetação conseguem manter maior conteúdo de água em comparação com solos totalmente descobertos;
- Solos descobertos apresentam alta amplitude térmica ao longo do dia até 15 cm de profundidade, além de atingir as temperaturas mais elevadas em comparação as demais áreas;
- Áreas de plantio de espécies florestais possuem temperaturas mais elevadas na superfície do solo, mas apresentam estabilidade térmica em suas camadas mais profundas;
- A temperatura do solo na caatinga apresentou menor amplitude térmica ao longo do dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; IRMAK, A.; TREZZA, R.; HENDRICKX, J. M. H.; BASTIAANSSEN, W.; KJAERSGAARD, J. Satellite-based ET estimation in agriculture using SEBAL and METRIC. **Hydrological Processes**, v. 25, p. 4011-4027, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/hyp.8408>. Acesso em: 01 jan. 2022
- ALVALÁ, R. C. S.; GIELOW, R.; ROCHA, H. R.; FREITAS, H. C.; LOPES, J. M.; MANZI, A. O.; VON RANDOW, C.; DIAS, M. A. F. S.; CABRAL, O. M. R.; WATERLOO, M. J. Intradiurnal and seasonal variability of soil temperature, heat flux, soil moisture content, and thermal properties under forest and pasture in Rondônia. **Journal of Geophysical Research - Atmospheres**, v. 107, p.10-20, 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/15531/intradiurnal-and-seasonal-variability-of-soil-temperature-heat-flux-soil-moisture-content-and-thermal-properties-under-forest-and-pasture-in-rondonia>. Acesso em: 18 de jan. 2022.
- ALVES, J. J. A.; Regionalização do Potencial Eólico no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p.332-345, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232684>. Acesso em: 12 de jan. 2022.
- ARAÚJO FILHO, R. N.; FREIRE, M. B. G. S.; WILCOX, B. P.; WEST, J. B.; FREIRE, F. J.; MARQUES, F. A. Recovery of carbon stocks in deforested caatinga dry forest soils requires at least 60 years. **Forest Ecology and Management**, v. 407, p. 210-220, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112717307260>. Acesso em: 09 nov. 2021
- ARBEA, J.I.; BASCO-ZUMETA, J. Ecología de los Colembolos (Hexapoda, Collembola) en Los Monegros (Zaragoza, España). **Aracnet** 7, n.28 p.35-48, 2001. Disponível em: <http://se-entomologia.org/aracnet/7/03ecolembolos/index.htm>. Acesso em: 08 fev. 2022.
- AZEVEDO, T. R.; GALVANI, E. Ajuste do ciclo médio mensal horário da temperatura do solo em função da temperatura do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 2, p. 123-130, 2003. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/1401.pdf>. Acesso em: 28 de dez. 2021
- BANDA, K.; DELGADO-SALINAS, A.; DEXTER, K.G. *et al.* Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. **Science**, v. 353, n. 6306, p. 1383-1387, 2016. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaf5080>. Acesso em: 13 nov. 2021
- BAO, X.; ZHU, X.; CHANG, X.; WANG, S; XU, B.; LUO, C.; ZHANG, Z.; WANG, Q.; RUI, Y.; CUI, X. Effects of soil temperature and moisture on soil respiration on the Tibetan plateau. **PLoS ONE**, v. 11, n. 10, p. 9–15, 2016. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0165212>. Acesso em: 03 ago. 2021.
- BASTIN, J. F.; BERRAHMOUNI, N.; GRAINGER, A. *et al.* The extent of forest in dryland biomes. **Science**, v. 356, p. 635-638, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316870277_The_extent_of_forest_in_dryland_biom

43

es#:~:text=Abstract,forest%20area%20is%20poorly%20known.&text=Our%20estimate%20is%2040%20to,cover%20at%20least%209%25. Acesso em: 10 Nov 2021

BELAN, L. L.; PEREIRA, A. J.; OLIVEIRA, M. J. V.; BARBOSA, D. H. S. G.; JESUS JUNIOR, W. C.; ALVES, F. R. Manejo alternativo do oídio na cultura do pepino em ambiente protegido. **Revista Acadêmica Ciências Agrarias e Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 103-112, 2013. Disponível em:
<https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/11288#:~:text=O%20manejo%20do%20%C3%ADo%20na,do%20agroecossistema%20e%20dos%20alimentos>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BELLAVER, V.; PEREIRA, O. A.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; SILVA, L. B. Estimativa da Difusividade Térmica do solo de uma Área com Monodominância de Cambará no Norte do Pantanal. **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258550667_Estimativa_da_difusividade_termica_d_o_solo_de_uma_area_com_monodominancia_de_cambara_no_norte_do_Pantanal. Acesso em: 15 de dez. 2021.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds - physiology of development, germination and dormancy**. 3.ed. New York: Springer, 392p, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=eVsZ8a-GmSwC&oi=fnd&pg=PR7&dq=.+Seeds+-+physiology+of+development,+germination+and+dormancy&ots=WZd5onAJ3O&sig=QreGnEZMZjks0lz6GCzgtlHDus4#v=onepage&q=.%20Seeds%20-%20physiology%20of%20development%2C%20germination%20and%20dormancy&f=false>. Acesso em: 29 de out. 2021

BEZERRA, A. C.; MONTENEGRO, A. A. A.; PANDORFI, H.; SILVA, J. R. L.; ANDRADE, C. W. L.; SILVA, W. P. Variabilidade espaço temporal da temperatura do solo sob diferentes coberturas no semiárido pernambucano. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 5, n. 3, p. 75-85, 2016. Disponível em: 3.ufrb.edu.br/seer/index.php/wrim/article/view/1578/812. Acesso em: 27 jun 2021.

BEZERRA-GUSMÃO, M.; BARBOSA, J. R. C.; BARBOSA, M. R. V.; BANDEIRA, A. G.; SAMPAIO, E. V. S. B. Are nests of Constrictotermes cyphergaster (Isoptera, Termitidae) important in the C cycle in the driest area of semiarid caatinga in northeast Brazil? **Applied Soil Ecology**, v. 47, n. 1, p. 1-5, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229311165_Are_nests_of_Constrictotermes_cyphergaster_Isoptera_Termitidae_important_in_the_C_cycle_in_the_driest_area_of_semiarid_caatinga_in_northeast_Brazil. Acesso em: 09 nov. 2021

BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. A. *et al.* Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 202, p. 112–124, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269997265_Patterns_of_energy_exchange_for_tropical_ecosystems_across_a_climate_gradient_in_Mato_Grosso_Brazil. Acesso em: 14 de nov. 2021

BRAGA, C. C.; SOARES, F. R.; DANTAS, F. R. C.; BARBIERI, L. F. P. Determinação do albedo e índice de área foliar usando o sensor TM / LANDSAT 5. **Simpósio Brasileiro de**

Sensoriamento Remoto, p. 935-942, 2009. Disponível em:
<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.13.54/doc/935-942.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, n.1, p.147-157, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/bnxYX3F8qNyvcYqZNcMR4Tn/?lang=pt>. Acesso em: 11 de out. 2021

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B.; MAIA, R. G. X. fluxo de calor do solo e saldo de radiação dentro de uma área de mata atlântica em comparação com uma área de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 03, p. 555-565, 2013. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233047>. Acesso em: 21 de ago. 2021

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; SILVA, V. P. R.; SILVA JÚNIOR, R. S.; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B. Estudo da temperatura do solo em dois biomas florestais nos períodos chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.4, p.1009-1022, 2013. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233092>. Acesso em: 25 de out. 2021.

CARVALHO, A. C. X; JUSTI, A. C. A; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J. S.; Influência da temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação na produção de serrapilheira no norte do pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 29, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/15144/8137> Acesso em 03 jan. 2022.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal, FUNEP, p.424, 2012.

CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. P.; AUGUSTO, M. P.; DURVAL, D. N.; QUIRIJN, J. V. L.; LIZIANY, M.; NEWTON, M. T. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja: uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 14. n. 2, p. 102-120, 2007. Disponível em:
<https://repositorio.usp.br/item/001739014>. Acesso em: 05 de ago. 2021.

CASTELLINI, M.; DIPRIMA, S.; MORET-FERNÁNDEZ, D.; LASSABATERE, L. Rapid and accurate measurement methods for determining soil hydraulic properties: A review. **Journal of Hydrology and Hydromechanics**, v.69, n.2, p.1-19, 2021. Disponível em:
researchgate.net/publication/349714971_Rapid_and_accurate_measurement_methods_for_determining_soil_hydraulic_properties_A_review. Acesso em: 11 nov. 2021

CHAMBERS, J. Q.; ARTAXO, P. Biosphere-atmosphere interactions: Deforestation size influences rainfall. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 1, p. 175-176, 2017. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/315370828_Biosphere-atmosphere_interactions_Deforestation_size_influences_rainfall. Acesso em: 8 dez. 2021

CHENG, J.D.; LIN, L.L.; LU, H.S. Influences of forests on water flows from headwater watersheds in Taiwan, **Forest Ecology and Management**, v. 165, p. 11-28, 2002. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/222039371_Influences_of_Forests_on_Water_Flow_s_from_Headwater_Watersheds_in_Taiwan. Acesso em: 03 dez. 2021⁴⁵

CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. J.; OLSZEVSKI, N.; PATROCINIO FILHO, A. P.; SOUZA, E. B. Umidade e temperatura de argissolo amarelo em sistemas de preparo e estádios de desenvolvimento do milho. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 3, n. 4, p. 699-710, 2015. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/eagri/a/YdhSYqQPqySywG5csJCsj9v/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 09 jan. 2022

COSTA, M. H.; YANAGY, S. M. N; SOUZA, P. J. O. P.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P. Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. **Geophysical Research Letters**, v. 34:L07706, 2007. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007GL029271>. Acesso em 11 nov. 2021.

COUTO, J. P. C. **fluxo de calor no solo e radiação líquida em pastagem de capim braquiária com grau de cobertura variável**. 79. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016. Disponível em:
https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/JOAO_PAULO_CHAVES_COUTO.pdf. Acesso em: 28 de nov. 2021.

DANELICHEN, V. H. M.; BIUDES, M. S. Avaliação da difusividade térmica de um solo no norte do Pantanal. **Ciência e Natura**, v. 33, p. 227-240, 2011. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/255949960_Avaliacao_da_difusividade_termica_de_um_solo_no_norte_do_Pantanal. Acesso em: 14 de set. 2021

DANTAS, D.; BARBOSA, G. P.; CUNHA, E. G. S.; SOUZA, M. J. H.; SOUZA, C. M. P. Temperatura do ar e do solo em diferentes profundidades, em Diamantina-MG. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 61-66, 2017. Disponível em:
<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2978#:~:text=O%20coeficiente%20de%20Pearson%20foi,todas%20as%20correla%C3%A7%C3%A7%C3%B5es%20foram%20significativas>. Acesso em: 01 jan. 2022.

DAVID, M.; WALKO, R. L.; AVISSAR, R. Effects of deforestation on spatio-temporal distributions of precipitation in South America. **Journal of Climate**, v. 24, n. 1, p. 2147-2163, 2011. Disponível em:
<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/24/8/2010jcli3882.1.xml>. Acesso em: 12 dez. 2021.

DEXTER, K. G.; PENNINGTON, R. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BUENO, M. L.; MIRANDA, P. L. S.; NEVES, D. M. Inserting Tropical Dry Forests Into the Discussion on Biome Transitions in the Tropics. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 104, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2018.00104/full>. Acesso em: 14 set. 2021

DINIZ, J. M. T.; ALBUQUERQUE, E. M.; RAFAEL, R. A.; Estudo acerca da variabilidade térmica do solo. **Scientia Plena**, v. 10, n. 01, 2014. Disponível em:
<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1368>. Acesso em: 31 dez. 2021.

DINIZ, J. M. T.; ARANHA, T. R. B. T.; SOUSA, E. P.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUSA, E.

P.; MARACAJÁ, P. B. Avaliação da difusividade térmica do solo de Campina Grande⁴⁶ PB-Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, p. 55-60, 2013b. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/362>. Acesso em: 19 de dez. 2021.

DINIZ, M.T.D., SOUSA, E.P.; WANDERLEY, J.A.C.; FIDELES FILHO, J.; MARACAJÁ, P.B. Variabilidade diária da temperatura do solo: Um estudo de caso. **Revista Verde**, v. 8, n. 1, p. 01 – 06, 2013^a. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287812648_Variabilidade_diaria_da_temperatura_d_o_solo_Um_estudo_de_caso. Acesso em: 14 de set. 2021

DUTRA, D. J.; BRIANEZI, D.; COELHO, C. W. G. A. Uso de Geotecnologias para Análise da Dinâmica da Vegetação da Sub-bacia do Ribeirão Serra Azul, MG. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p. 283-292, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/37339>. Acesso em: 27 jun 2021.

ELTZ, F. L. F; ROVEDDER, A. P. M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 2, p. 193-200, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1211>. Acesso em: 11 jan. 2022.

FAO. 2001. **Global Ecological Zoning for the Global Forest Resources Assessment 2000**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ad652e/ad652e00.htm>. Acesso em: 10 nov. 2021

FERREIRA, A. T. **Tempo de enchimento de pavimentos permeáveis e poços de infiltração de água pluvial: analogia com fluxo de calor em meios sólidos**. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 111, 2017. Disponível em: <https://1library.org/document/q5og9wjz-tempo-enchimento-pavimentos-permeaveis-infiltracao-pluvial-analogia-solidos.html>. Acesso em: 25 de set. 2021.

FURARI, F. L.; PEREIRA FILHO, A. J. Estimativa do fluxo de calor no solo a partir da temperatura do solo em São Paulo, SP. **Revista do Instituto Geológico**, v.38 n.1, p.49-57, 2017. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/11712>. Acesso em: 14 de set. 2021

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/ZJB6t9DKZBK9RPcDNKSXsPC/?lang=pt#:~:text=O%20sald o%20de%20radia%C3%A7%C3%A3o%20integrado,68%20e%20808%2C04%20MJ>. Acesso em: 18 de dez. 2021

GISLER, C. A. F.; FISCH, G.; CORREA, C. S. Análise estatística do perfil de vento na camada limite superficial no centro de lançamento de Alcântara. **J. Aerosp. Technol. Manag.** v. 3, N. 2, p. 193-202, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jatm/a/pv6GrmzMTWNY3bFmBzZnTCp/?lang=pt>. Acesso em: 10 de jan. 2022.

GOTARDO, R.; PINHEIRO, A.; PIAZZA, G. A.; KAUFMANN, V.; TORRES, E. Comparação entre variáveis microclimáticas de local aberto e florestal em um bioma da Mata Atlântica, sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1415-1427, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/34832>. Acesso em: 10 jan. 2022.

GRAHAM, E. A.; LAM, Y.; YUEN, E. M. Forest understory soil temperatures and heat flux calculated using a Fourier model and scaled using a digital camera. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 150, p. 640–649, 2010. Disponível em <https://escholarship.org/uc/item/85f6w6sv>. Acesso em: 12 dez. 2021

GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D. “Aspectos Observacionais das Oscilações Intra-sazonais de Intensidade do Vento em Alcântara usando ondeletas: análise preliminar”, Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=tAqwCgkAAAAJ&citation_for_view=tAqwCgkAAAAJ:_FxGoFyzp5QCc. Acesso em: 11 de dez. 2021

GUILLEMIN, J. P.; GARDARIN, A.; GRANGER, S.; REIBEL, C.; MUNIER-JOLAIN, N.; COLBACH, N. Assessing potential germination period of weeds with base temperatures and base water potentials. **Weed Research**, v. 53, n. 1, p. 76-87, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/wre.12000>. Acesso em: 13 de mai. 2021.

HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; RADONS, S. Z.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; HINNAH, F. D. Estimativa do saldo de radiação em girassol como função da radiação solar global. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.194–199, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tJq4GCHCd9xYxZmYddGFPCn/?lang=pt>. Acesso em: 02 de jun. 2021.

HILLEL, D. **Introduction to environmental soil physics**. Massachusetts: Elsevier Science, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123486554/introduction-to-environmental-soil-physics>. Acesso em: 05 de ago. 2021

JHA, C. S.; SINGH, J. S. C. Composition and dynamics of dry tropical forest in relation to soil texture. **Journal of Vegetation Science**, v. 1, n. 5, p. 609-614, 1990. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3235566>. Acesso em: 23 jul. 2021

KELLENERS, T. J.; KOONCE, J.; SHILLITO, R.; DIJKEMA, J.; BERLI, M.; YOUNG, M. H.; FRANK, J. M.; MASSMAN, W. J. Numerical modeling of coupled water flow and heat transport in soil and snow. **Soil Science Society of America Journal**, v. 80 n. 2, p. 247–263, 2016. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/52331>. Acesso em: 07 jun. 2021

KNIES, A. E. **Temperatura e umidade de um solo franco arenoso cultivado com milho**. Dissertação (Mestrado em ciência do solo), Universidade Federal de Santa Maria, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5512>. Acesso em: 23 de out. 2021

KRISHNAN, P.; MEYERS, T. P.; SCOTT, R. L.; KENNEDY, L.; HEUER, M. Energy exchange and evapotranspiration over two temperate semi-arid grasslands in North America. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.152, p.31-44, 2012. Disponível em: <https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/2088.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2022.

LABELLE, P. & SPAIN, A. **Soil ecology**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2001.⁴⁸
654p. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/0-306-48162-6>. Acesso em: 08 fev. 2022.

LEITE, M. R.; SILVA, L. A.; FILHO R. M. Análise do comportamento da temperatura de superfície e fluxo de calor no solo: Um estudo de caso no perímetro urbano de Montes Claros, Minas Gerais. **Espaço Aberto, PPGG - UFRJ**, v. 8, n.1, p. 109-125, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/13586>. Acesso em: 12 de out. 2021.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.16-23, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/mvTXH7V3LyPZ5cjMHL6zDLK/?lang=pt>. Acesso em: 28 jul. 2021.

LOHMANN, S.; SCHILLINGS, C.; MAYER, B.; MEYER, R. Long-term variability of solar direct and global radiation derived from ISCCP data and comparison with reanalysis data. **Solar Energy**, v.80, n.11, p.1390-1401, 2006.

LOPES. H. L.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B.; SOBRAL, M. C. M.; ARAUJO FILHO, J. C.; CANDEIAS, A. L. B. Espacialização da umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 973-980, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wC3yF5z4ZHcr7WkN7bmhS9y/?lang=pt>. Acesso em: 02 jan. 2022

LU, S.; CHEN, S.; WILSKY, B.; SUN, G.; CHEN. J. Evapotranspiration and soil water relationships in a range of disturbed undisturbed ecosystems in the semi-arid Inner Mongolia, China. **Journal of Plant Ecology**, v. 4, n. 1-2, p. 49-60, 2011. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/38488>. Acesso em: 11 dez. 2021

MACHADO, C. C.; SILVA, B. B.; ALBUQUERQUE, M. B.; GALVINCIO, J. D. Estimativa do balanço de energia utilizando imagens TM - Landsat 5 e o algoritmo SEBAL no litoral sul de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 55-67, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273365014_Estimativa_do_balanco_de_energia_utilizando_imagens_TM_-_Landsat_5_e_o_algoritmo_SEBAL_no_litoral_sul_de_Pernambuco. Acesso em: 14 jul. 2021.

MAHMOOD, A. H.; FLORENTINE, S. K.; CHAUHAN, B. S.; McLAREN, D. A.; PALMER, G. C.; WRIGHT, W. Influence of various environmental factors on seed germination and seedling emergence of a noxious environmental weed: green galenia (*Galenia pubescens*). **Weed Science**, v. 64, n. 3, p. 486-494, 2016. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/influence-of-various-environmental-factors-on-seed-germination-and-seedling-emergence-of-a-noxious-environmental-weed-green-galenia-galenia-pubescens/BE1FBF83584DB1B7C07929CADB87CF83>. Acesso em: 19 de mar. 2021

MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F.; ARAUJO FILHO, A. C.; SILVA, A. B. Solos do Nordeste. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Empresa Brasileira de**

Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos. 2014. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>.
 Acesso em: 12 set. 2021

MARYANAJI, Z.; MERRIKHPOUR, H.; ABBASI, H. Predicting soil temperature by applying atmosphere general circulation data in west Iran. **Journal of Water and Climate Change** v. 8, n. 2, p. 203–218, 2017. Disponível em:
<https://iwaponline.com/jwcc/article/8/2/203/1757/Predicting-soil-temperature-by-applying-atmosphere>. Acesso em: 5 jan. 2021.

MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFRIES, R. S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOS, V.; GORDON, J. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 491–505, 2006. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>. Acesso em: 01 jan. 2022.

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. Técnica dos Quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980-2009): Baixo curso do ApodiMossoró/RN. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v.23, p. 232-249, 2012. Disponível em:
<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47212/50948>. Acesso em: 12 de jan. 2022.

MORAIS, G. M.; SOBRINHO, J. E.; SANTOS, W. O.; COSTA, D. O.; SILVA, S. T. A.; MANIÇOBA, R. M. Caracterização da velocidade e direção do vento em Mossoró/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 07, n. 04, p. 746-754. 2014. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233257#:~:text=Os%20valores%20m%C3%A9dios%20de%20velocidade,para%202%20m%20de%20altura>. Acesso em: 11 de jan. 2022.

MOURA, M. A. L.; QUERINO, C. A. S. Variação sazonal do fluxo de calor no solo dentro de um manguezal tropical. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 296-302, 2010. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/PHSy34g8S3JqTrDZFQR9JyJ/?lang=pt>. Acesso em: 14 de dez. 2021.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava–SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n.1, p. 30-34, 2008. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/rbQWXPRpHmsLxybBXP3xyGp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 de dez. 2021.

NEVES, J. C. Perfil da temperatura do solo com e sem vegetação em um pomar de mangueiras em Salinópolis-Pará Brasil. **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Belém-PA, 2013. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/3002.pdf>. Acesso em: 13 de jul. 2021.

OLIVEIRA, D. B. C.; ALBUQUERQUE NETO, N. A.; SOARES, W. A. Estimativas da difusividade térmica e do fluxo de calor de um solo no Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p.1053-1067, 2015. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233462>. Acesso em: 27 de set. 2021.

OLIVEIRA, G. M.; RODRIGUES, J. M.; RIBEIRO, R. C.; BARBOSA, L. G.; SILVA, E. J.

S. B.; DANTAS, B. F. Germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Caatinga em diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, v.10, n.4, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/995437/germinacao-de-sementes-de-especies-arboreas-nativas-da-caatinga-em-diferentes-temperaturas>. Acesso em: 14 de dez. 2021

OLIVEIRA, K. A. S.; DALLACORT, R.; BARBIERI, J. D.; DANIEL, D. F.; TIEPPO, R. C.; SANTOS, S. B. Variabilidade mensal e sazonal da temperatura do solo em diferentes condições de cobertura e de profundidades na região de Tangará da Serra, **Científica**, v.47, n.3, p256-268, 2019. Disponível em:
<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1246>. Acesso em: 17 jul. 2021

OLIVEIRA, M. L.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.9, n.4, p.535-539, 2005. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Ymr9zy5DY4hMjYLhryPL7jM/?lang=pt>. Acesso em: 4 jan. 2022.

ORZARI, I.; MONQUERO, P. A.; REIS, F. C.; SABBAG, R. S.; HIRATA, A. C. S. Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de semeadura. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p.53-61, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/xPBQJj5Mq6tq7gwrY4crLcF/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 14 de out. 2021

PAN, Y. X; WANG, X. P; JIA, R. L.; CHEN, Y. W.; HE, M. Z. Spatial variability of surface soil moisture content in a re-vegetated desert area in Shapotou, Northern China. **Journal of Arid Environments**, v.72, p.1975-1983, 2008. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/223614187_Spatial_variability_of_surface_soil_moisture_content_in_a_re-vegetated_desert_area_in_Shapotou_Northern_China. Acesso em: 19 nov. 2021.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. Woody plant diversity, evolution and ecology in tropics: Perspectives from seasonally dry tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 40, p. 437-457, 2009. Disponível em:
<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327>. Acesso em: 15 nov. 2021

POULOVASSILIS, A.; KERKIDES, P.; ALEXANDRIS, S.; RIZOS, S. A. contribution to the study of the water and energy balances of an irrigated soil profile A. Heat flux estimates. **Soil and Tillage Research**, v.45, p.189-198, 1998. Disponível em:
<https://eurekamag.com/research/008/034/008034457.php>. Acesso em 03 de jan. 2022.

PREVEDELLO, C. L. Energia térmica do solo, In: Van Lier, Q.J **Física do solo**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.298, 2010.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: Salesward-Discovery, 1996.

RIBAS, G.G.; STRECK, N.A.; SILVA, S.D.; ROCHA, T.S.M.; LANGNER, J.A. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.5, p.817- 828, 2015. Disponível em:

[51](https://www.scielo.br/j/eagri/a/PSdSsGGMLzNdNzs9KW8ndHk/?format=pdf&lang=pt#:~:text=(2004)%20relatam%20que%20a%20cobertura,em%20sistema%20de%20cultivo%20protegido. Acesso em: 10 ago. 2021)

ROSA, C. E; RODRIGUES, R. A. F.; ALVES, M. C. Variação da temperatura do solo em áreas de recuperação de solo degradado. **Revista Unijales**, n. 1, 2009. Disponível em: <https://1library.org/document/z15nn3vy-variacao-da-temperatura-do-solo-em-areas-de-recuperacao-de-solo-degradado.html>. Acesso em: 17 de set. 2021.

ROMERO, M.A.B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo; ProEditores, 2000. 128p.

SÁNDOR, R., FODOR, N. Simulation of Soil Temperature Dynamics with Models Using Different Concepts. **The Scientific World Journal**, v. 2012. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/590287/>. Acesso em: 14 de jul. 2021

SANTOS, D. M.; ARAÚJO, S. M.; ARAUJO, K. D.; OLIVEIRA ROSA, P. R.; PAZERA JR, E. Variabilidade temporal da radiação solar e insolação no Município de Araguaína-TO. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 18, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/14965/10960>. Acesso em: 16 de nov. 2021.

SANTOS, M. A. F. **Estimativa da transferência de calor e da difusividade térmica do solo, baseado na solução da derivada temporal fracionária de meia ordem em ferramenta de software**. 85. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte-RN, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/19655>. Acesso em: 30 de set. 2021

SANTOS, S. A.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; SILVA, P. K. O.; Aspectos da variabilidade sazonal da radiação, fluxos de energia e CO₂ em área de Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.4, n.1, p.761-773, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232866>. Acesso em: 30 jul. 2021.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 670-679, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/N5PtMQ3CszWtZn6YK7Cj8Hx/?lang=pt>. Acesso em: 03 dez. 2021

SANTOS, T. E.; MONTENEGRO, A. A.; SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 670-679, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/N5PtMQ3CszWtZn6YK7Cj8Hx/?lang=pt>. Acesso em: 24 dez. 2021

SAVVA, Y.; SZLAVECZ, K.; POUYAT, R. V.; GROFFMAN, P. M.; HEISLER, G.; 2010. Effects of land use and vegetation cover on soil temperature in an urban ecosystem. **Soil Science Society of America Journal** v. 74, n. 2, p. 469–480, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/43798424_Effects_of_Land_Use_and_Vegetation_Cover_on_Soil_Temperature_in_an_Urban_Ecosystem. Acesso em: 4 jan. 2022.

SHIWEI, G.; TAO, Z.; JIXUN, G. Warming and nitrogen addition change the soil and soil microbial biomass C:N: P stoichiometry of a meadow steppe. **International**

journal of environmental research and public health. V. 16, n. 15, p. 2705, 2019.
Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/15/2705>. Acesso em: 4 jan. 2022.

SILANS, A. P.; SILVA, F. M.; BARBOSA, F. A. R. Determinação in loco da difusividade térmica num solo da região de caatinga (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.41-48, 2006. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/NVbgN4Nqq7pYM6Qrg7kX38M/?lang=pt>. Acesso em: 30 dez. 2021

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens TM –Landsat 5, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.2, p.243-252. 2005. Disponível em: http://dca.ufcg.edu.br/DCA_download/ISR/UFPE/56-2004_BBarbosa-aceito.pdf. Acesso em: 11 set. 2021

SILVA, E. R.; SILVA, L. F; NASCIMENTO, P. C. **Levantamento de solos do jardim botânico de Porto Alegre**. Ponta Grossa: Atenas, 2019. p. 1-388–416. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/10379>, Acesso em: 16 de nov. 2021

SPRACKLEN, D. V.; ARNOLD, S. R.; TAYLOR, C. M. Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. **Nature**, Brussels, v. 489, n. 1, p. 282-285, 2012. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature11390>. Acesso em: 27 out. 2021

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n. 12, p.1301-1309, 2013. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Kqq4dHBX4yfnxwWFTpqBVzb/?lang=pt#:~:text=O%20uso%20racional%20do%20solo,%2C%20consequentemente%2C%20uma%20agricultura%20sustent%C3%A1vel.&text=O%20uso%20de%20indicadores%20de,adequadas%20de%20manejo%20do%20solo>. Acesso em: 11 set. 2021

SUNDERLAND, T.; APGAUA, D.; BALDAUF, C. *et al.* Global dry forests: a prologue. **International Forestry Review**, v. 17, n. 2, p.1-9, 2015. Disponível em:
<https://www.cifor.org/knowledge/publication/5687#:~:text=This%20special%20issue%20is%20an,well%2Dbeing%20and%20ecological%20integrity>. Acesso em: 01 jan. 2022

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v.70, n.4, p.25-29, 2018. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000400009. Acesso em: 22 jul. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Artmed, Porto Alegre, p.888, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A.; **Fisiologia vegetal**. 6. ed., Artmed, 2016. 888 p. Disponível em: <https://www.meulivro.biz/biologia/biologia-vegetal/1467/fisiologia-e-desenvolvimento-vegetal-taiz-6-ed-pdf/>. Acesso em: 21 de nov. 2021

TORRES, J. L. R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação de milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105314>. Acesso em: 24 dez. 2021

TUBELIS, A. E.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora Nobel, 1980. 374p. ⁵³

ZHANG, X.; GU, S.; ZHAO, X.; CUI, X.; ZHAO, L.; XU, S.; DU, M.; JIANG, S.; GAO, Y.; MA, C.; TANG, Y. Radiation partitioning and its relation to environmental factors above a meadow ecosystem on the Qinghai Tibetan Plateau. **Journal of Geophysical Research**, v.115, 2010. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/236864503_Radiation_partitioning_and_its_relation_to_environmental_factors_above_a_meadow_ecosystem_on_the_Qinghai-Tibetan_Plateau. Acesso em: 18 out. 2021.

ZWIRTES, A. L. **Medição e simulação de temperatura e conteúdo de água em argissolo sob resíduos de aveia**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/13227>. Acesso em: 24 Dez. 2021