



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

JOSÉ CARLOS GOMES DE ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COM ARDUINO PARA MEDIDAS DE
TEMPERATURA NO SOLO**

**CAMPINA GRANDE
2020**

JOSÉ CARLOS GOMES DE ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COM ARDUINO PARA MEDIDAS
DE TEMPERATURA NO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Licenciatura Plena em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. José Fideles Filho

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Silva Araújo

**CAMPINA GRANDE
2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A447d Almeida, José Carlos Gomes de.

Desenvolvimento de um sistema com arduino para medidas de temperatura no solo [manuscrito] / Jose Carlos Gomes de Almeida. - 2020.

31 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.

"Orientação : Prof. Dr. José Fideles Filho, Coordenação do Curso de Física - CCT."

1. Temperatura do solo. 2. Arduino. 3. Solo. I. Título

21. ed. CDD 631.4

JOSÉ CARLOS GOMES DE ALMEIDA

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COM ARDUINO PARA MEDIDAS DE
TEMPERATURA NO SOLO

Trabalho de Conclusão de Curso
(Artigo) apresentado a/ao
Coordenação /Departamento do
Curso Licenciatura em Física da
Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do
título de Licenciado em Física.

Aprovada em: 07/12/2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Fideles Filho (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Deusaete Camara Vilar Neta
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Morgana Ligia Farias Freire
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
3	METODOLOGIA	8
3.1	Localização	8
3.2	Arduíno	9
3.3	Coleta de dados	10
3.3.1	<i>Sensores</i>	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
5	CONCLUSÃO	20
	REFERÊNCIAS	20
	APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DO ARDUÍNO PARA ESSE TRABALHO.....	23

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COM ARDUINO PARA MEDIDAS DE TEMPERATURA NO SOLO

DEVELOPMENT OF A SYSTEM WITH ARDUINE FOR SOIL TEMPERATURE MEASURES

RESUMO

A temperatura do solo é um fator variável no tempo e no espaço, de elevada importância nos processos físicos do solo e nas trocas de energia com a atmosfera. Portanto, foi desenvolvido um dispositivo capaz de realizar medição de temperatura do solo em diferentes profundidades. Para obter as medidas das temperaturas do solo, foi construído um aparato que consiste de um cano de PVC com 50 mm de diâmetro e 1m de comprimento onde foram colocados os sensores de temperatura de forma que mantenham as profundidades fixas de 05, 10, 25, 50 e 100 cm. Para ser possível fazer tais medições, os sensores foram constantemente monitorados por um Arduino UNO R3 que realiza as medidas, data e hora dos sensores nele acoplados em intervalos de tempo de 30 minutos. Foram utilizados também sensores padrão para medidas de temperatura e umidade relativa do ar e radiação solar. Os dados coletados dos sensores foram salvos em um cartão de memória. O sistema de aquisição de dados realiza medição, processamento e armazenamento de informações dos dados, recuperação dos dados armazenados em formato txt.

Palavras-chave: Temperatura do solo. Arduino. Solo.

ABSTRACT

Soil temperature is a variable factor in time and space, it has high importance in the physical processes of the soil and in the exchange of energy with the atmosphere. Therefore, a device was developed capable of measuring soil temperature at different depths. In order to obtain measurements of soil temperatures at different depth levels, an apparatus was constructed that consists of a PVC pipe 50 mm in diameter and 1 m long, where the temperature sensors were placed in order to maintain the fixed depths of 05, 10, 25, 50 and 100 cm. In order to be able to make such measurements, the sensors were constantly monitored by an Arduino UNO R3 that performs the measurements, date and time of the sensors attached in it in 30 minute time intervals. Standard sensors were also used to measure temperature and relative humidity air and solar radiation. The data collected from the sensors were saved on a memory card. The data acquisition system consists in three distinct steps, that is, measuring, processing and storing data information, retrieving stored data and generating reports in electronic spreadsheets.

Keywords: Soil temperature. Arduino. Soil.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente é inevitável imaginar uma área de desenvolvimento de pesquisas sem a aplicações de meios tecnológicos, pois os avanços nessas áreas abrem um leque de possibilidades para desenvolver projetos em diversos ramos de pesquisa. As empresas comerciais que não investem em tecnologias ficam estagnadas no tempo, pois o investimento nesse ramo é o que pode aumentar sua competitividade perante o mercado comercial.

A elaboração do Arduino se deu no início do ano de 2005 na cidade de Ivrea, Itália, por um professor chamado Massimo Banzi. A ideia era apresentar uma forma de aplicação de programação aos alunos de design em seus projetos, pois o orçamento para se obter um Arduino era relativamente baixo e como a programação da mesma era de simples compreensão, facilitando a aprendizagem e aplicação nas atividades dos alunos EVANS et al. (2013).

Os microcontroladores do tipo Arduino são de aplicações frequentes em projetos sendo uma plataforma de computação física ou embarcada justamente por interagir com o ambiente por meio de hardware e software. O Arduino pode ser utilizado no desenvolvimento de projetos interativos independentes e pode ser conectado em um computador, rede de internet para recuperação de dados de atuadores como sensores de diversos tipos (McROBERTS, 2011).

Com essa plataforma é possível criar sistemas de aquisição e manipulação de dados aplicáveis a vários seguimentos tecnológicos, inclusive nas medições de variáveis climáticas, com aplicações nas medidas de temperatura do solo, que é objeto deste trabalho.

O estudo sobre a variação de temperatura do solo é de grande importância, pois os vegetais e microrganismos presentes no solo são afetados por fatores térmicos. A temperatura do solo afeta a germinação das sementes, o sistema radicular das plantas e nas atividades dos microrganismos. As propriedades térmicas do solo contribuem no processo de aquecimento e resfriamento do solo, sendo responsáveis pela distribuição de energia em forma de calor (REICHARDT, 1985).

De acordo com GAPARIM et al. (2005) a temperatura varia em relação a profundidade e a cobertura morta do solo, fazendo com que o solo com maior cobertura tenha menor variação de temperatura quando comparado com a condição de solo nu. Em relação a profundidade, a variação de temperatura também foi evidente quando se compara o solo com cobertura e solo nu (nem nenhum tipo de cobertura), pois no solo nu a radiação é recebida diretamente no solo.

Os processos de transferência de calor em solos sem vegetação ocorrem mais rapidamente. Durante o dia, o solo recebe radiação e aumenta a sua temperatura na superfície, que por sua vez transfere, por condução, calor para as camadas inferiores mais rapidamente e a noite ocorre o inverso (SILVA, 2010).

Além da variação da temperatura no solo ser influenciada pela cobertura e profundidade, quando se fala no fluxo de calor no solo é considerado o tempo e suas propriedades térmicas. Ao estudar o fluxo de calor no solo é necessário se atentar nas propriedades térmicas pois são de grande importância para a

distribuição de energia em forma de calor no solo, são elas: condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico (REICHARDT, 1985).

O estudo da temperatura do solo em diferentes profundidades se faz necessário para compreender os processos térmicos e o fluxo de calor nas camadas analisadas.

Portanto, esse trabalho tem o objetivo de desenvolver um sistema para estudo da temperatura do solo em diferentes profundidades, utilizando como ferramenta de coleta de dados a plataforma Arduino. Visando a aplicação de tecnologias no desenvolvimento de projetos de pesquisas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As plataformas de microcontroladores de baixo custo, tipo Arduino e equivalentes, facilitam o acesso às tecnologias eletrônicas e de automação. Elas possibilitam a criação de sistemas automatizados de baixo custo, quando comparadas aos equipamentos tradicionais que executam funções semelhantes (TORRES et al., 2015). Arduino é um projeto que engloba software e hardware livres (open source) e tem como objetivo fornecer uma plataforma para prototipação de projetos interativos, englobando a área da computação física, onde o software interage diretamente com o hardware, facilitando a integração com sensores, atuadores e outros dispositivos eletrônicos (BLUM, 2015).

O Arduino é uma plataforma de computação física e tem como base uma simples placa microcontrolada de Entrada/Saída para que se possa conectá-los a outros circuitos ou sensores. São sistemas digitais ligados a sensores e atuadores, que permitem construir sistemas que percebam a realidade e respondem com ações físicas (FONSECA; BEPPU, 2010).

Com essa plataforma é possível criar sistemas de aquisição e manipulação de dados aplicáveis a vários seguimentos tecnológicos, inclusive nas medições de variáveis climáticas. Um microcontrolador é um computador em um chip, embarcado no interior de algum outro dispositivo, contém memória, periféricos de entrada e saída, e um processador, podendo controlar suas funções ou ações (FONSECA; BEPPU, 2010).

A plataforma Arduino é dividida em duas partes, descritas por Rodrigues; Sartori; Gouveia (2012), como: a placa Arduino é o hardware onde se trabalha para construir projetos, é a parte física do Arduino. A outra parte é o IDE do Arduino, que é um software executado no computador, usado para programar o Arduino, onde é escrito o código na linguagem que o Arduino interpreta (RODRIGUES; SARTORI; GOUVEIA, 2012).

Através de uma porta serial ou USB ligada a placa, é feito upload do programa escrito no IDE para a placa, então o Arduino executará as instruções interagindo com o que estiver conectado a ele.

Tendo como objetivo utilizar o Arduino para desenvolver um projeto de medidas de dados ambientais e temperatura do solo em várias profundidades de maneira automatizada, para desenvolver modelos físicos matemático através dessas medidas de temperatura.

Existem vários métodos para estimar a temperatura do solo em profundidades específicas em função do tempo, para solos cobertos por

vegetação e solos sem proteção, ou seja, totalmente exposto à radiação solar, sendo a análise harmônica, em síntese, muito difundida.

Em Pearce e Gold (1959) analisaram o comportamento térmico do solo em Ottawa, Canadá, observaram que a onda de temperatura e a taxa de fluxo de calor no solo são consistentes com a teoria de periodicidade do fluxo de calor em meio homogêneo, semi-infinito e unidimensional. Os valores da condutividade térmica calculada, comparada com outros valores obtidos anteriormente foram bem próximos.

Segundo Sellers (1965), a taxa na qual o calor flui através de um nível do solo, numa profundidade Z abaixo da superfície, é diretamente proporcional ao gradiente vertical de temperatura existente naquele nível.

Partindo da ideia anterior, Decico (1974) relacionou a condutividade térmica de três tipos de solos com características físicas e químicas diferentes em função de suas densidades e umidades, respectivamente. Para isso foi usado o fluxo radial de calor, em equilíbrio estacionário.

Vianello et al (1982) baseando-se na solução da equação da condução do calor, apenas na direção vertical, estudaram o comportamento térmico dos solos de Jaboticabal, no estado de SP. Neste estudo, expandiu-se a referida solução em série de Fourier, permitindo conhecer a amplitude a fase dos harmônicos, como também a difusividade térmica da onda de temperatura, obtendo resultados satisfatórios.

A temperatura do solo é um fator variável no tempo e no espaço, de elevada importância nos processos físicos do solo e nas trocas de energia com a atmosfera. Ela regula as trocas gasosas na superfície, afeta o movimento, a viscosidade e a densidade da solução e, portanto, a absorção de água e nutrientes pelas plantas (TINDAL et al., 1990).

Também influi na germinação de sementes e na velocidade de crescimento das raízes, bulbos e tubérculos de forma direta, e indiretamente sua ação se faz presente nas reações químicas e nas atividades dos microrganismos encarregados da mineralização da matéria orgânica, assim como a de fungos, insetos e demais formas biológicas presentes no solo (SALTON et al., 1998).

O estudo da distribuição de temperatura nos perfis do solo requer uma solução da equação de transferência de calor. Esta solução depende da formulação da condição de contorno, bem como das propriedades térmicas do solo, representadas pelo coeficiente de difusividade térmica. A difusividade térmica é geralmente definida como uma razão entre a condutividade térmica do solo e a capacidade de calor volumétrico do solo. A aparente difusividade térmica pode ser determinada em condições de campo a partir de variações da temperatura do solo em determinadas profundidades (HORTON et al. 1983). Para este propósito, vários métodos baseados principalmente em soluções da equação de condução de calor unidimensional com valor constante de difusividade térmica estão disponíveis (HORTON et al., 1983; VERHOEF et al. 1996, KOSSOWSKI e SIKORA 1978). Esses métodos são muito atraentes porque são necessárias apenas medições de temperatura. No entanto, eles são limitados para camadas uniformes do solo superficial. O valor da difusividade térmica com base nos dados de condutividade térmica e capacidade volumétrica de calor também pode ser determinado.

A temperatura do solo é importante em outras áreas como no transporte de fluídos aquecidos em tubulações subterrâneas, no armazenamento de energia em leitos granulares, no resfriamento de condensadores em usinas termoelétricas e nucleares, na extração de petróleo, no armazenamento de rejeitos radiativos, no aterramento de cabos elétricos subterrâneos e na remediação de áreas degradadas utilizando-se do aquecimento do solo (PESSOA, 2006).

Solos sem cobertura ficam expostos a variações bruscas de temperatura e umidade, acarretando problemas no manejo e prejuízos para o próprio solo. A cobertura, além de refletir a radiação global, absorve parte da mesma, não tornando essa energia disponível para o aquecimento do solo, evitando dessa forma, maiores perdas de água por evapotranspiração e aumento da temperatura a níveis prejudiciais à germinação de sementes (BRAGAGNOLO & MEILNICZUK, 1990).

Portanto, o uso de cobertura sobre o solo pode alterar consideravelmente os comportamentos diários de sua temperatura, dependendo do material utilizado. Materiais transparentes e translúcidos proporcionam maior saldo de radiação na superfície e aumentam o fluxo de calor para o solo, enquanto que o uso de cobertura morta amortecce a curva diária da temperatura do solo (GASPARIM et al, 2005).

Tanto durante o dia como à noite a camada do ar adjacente ao solo pode se aquecer, o que vai determinar esse aquecimento é o gradiente térmico. Durante o dia o solo é aquecido pela radiação solar, desde que não tenha nuvens, e durante a noite cede parte dessa energia para o aquecimento da atmosfera, atuando como estabilizador térmico. O solo tem um comportamento de um reservatório de grande capacidade térmica (PEREIRA et al., 2002).

No interior do solo a temperatura varia exponencialmente com a profundidade e senoidalmente com o tempo. Assim a variação diária da temperatura do solo obedece, aproximadamente, um movimento periódico, no qual a amplitude térmica é amortecida exponencialmente com a profundidade e os valores em cada profundidade oscilam senoidalmente com o tempo em torno de um valor médio (SHOFFEL & MENDEZ, 2005).

3. METODOLOGIA

3.1 Localização

A trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Física da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizada no município de Campina Grande, PB (07°13'12''S; 35°52'W; 508m) e posteriormente instalado em um local adequado no campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). O aparato utilizado foi um cano PVC de 50 mm de diâmetro e 100 cm de comprimento com os sensores de temperatura de solo fixados em cinco profundidades 05, 10, 25, 50 e 100 cm fixas, conforme Figura 1.

Figura 1. Montagem dos sensores no laboratório e instalação no solo



Fonte: Autor.

3.2 Arduino

O Arduino é um microcontrolador de placa única com um conjunto de software para ser programado. Sendo um hardware simples e livre para o controlador, tem um processador Atmel AVR com pinos embutidos que funcionam como entrada e saída. A linguagem utilizada pelo software é padrão de programação facilitando ao usuário em seus projetos.

Dependendo do tipo do Arduino que está sendo utilizado pode ter uma saída USB que pode ser conectada a um PC para fazer upload de dados coletados em componentes conectados ao hardware em seus pinos de entrada/saída.

O Arduino uno é uma das placas mais utilizadas, pois oferece um atmega8U2 programado com um converso USB para serial, apresentando vantagens no valor, pois o Atmega é mais em conta que os outros chips, e torna o Arduino como um dispositivo em seu PC como um mouse, abrindo um leque de possibilidades para o Arduino MCROBERTS(2011).

O Arduino utilizado na pesquisa foi o Arduino UNO R3, que possui 14 pinos de E/S digitais, 6 analógicas e conexão USB (Figura 2).

Figura 2. Arduino UNO R3



Fonte: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>.

O Arduino foi programado utilizando um programa disponibilizado no site oficial da plataforma chamado Arduino software, que pode ser baixado gratuitamente. Logo ao abrir esse programa aparece a IDE onde serão escritos os comandos para o Arduino. A programação do Arduino para esse trabalho está descrita no Apêndice A.

A estrutura de linguagem de programação do Arduino é bem simples, é formada por dois blocos de funções que carregam outros blocos de funções que são escritas na linguagem C/C++. A função Setup é apresentada na Figura 3, nessa função é feita a programação do comportamento dos pinos do Arduino e faz a inicialização da porta serial, essa função é executada uma única vez assim que o programa inicia.

A função loop é a função chamada após a setup, conforme Figura 4, as funções que são colocadas dentro da loop são executadas repetidamente, pois a função loop lê os pinos de entrada do Arduino e comanda os pinos de saída e a porta serial. Os comandos de leitura e armazenamento dos dados são colocados nessa função, pois o processo de leitura, coleta e armazenamento de dados são feitos repetidamente.

3.3 Coleta de dados

O sistema de coleta de dados foi posto no campo com uma plataforma adequada, sendo acoplados a ela os sensores para aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar e irradiância solar, Figura 3.

O Arduino UNO R3 é responsável pela coleta e armazenamento dos dados coletados pelos sensores. A coleta foi feita entre um intervalo de tempo a cada 30 minutos, os dados armazenados em um cartão micro SD acoplado ao Arduino.

O sistema utilizado para aquisição dos dados de temperatura do solo em diferentes profundidades, foi construído um mecanismo composto por um cano de PVC de 50 mm de diâmetro com 1 m de comprimento. Os sensores de temperatura de solo foram colocados nas posições fixas de 05, 10, 25, 50 e 100 cm, esse aparato foi colocado em uma profundidade de 1 metro sem cobertura vegetal.

O equipamento utilizado para coleta de dados é composto de um Arduino, sistema de bateria e painel solar para alimentar a bateria, conforme Figura 3.

Figura 3 - Sistema composto de Arduino, sistema de bateria e painel solar instalada na área experimental, Campus I UEPB, Campina Grande-PB



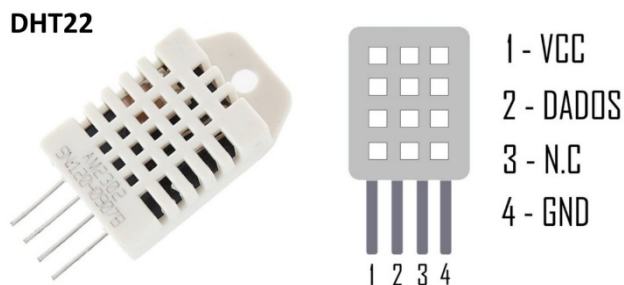
Fonte: Autor.

3.3.1 Sensores

Nesta pesquisa foram utilizados sensores padrão de temperatura e umidade relativa do ar, irradiância solar e temperatura de solo nas diferentes profundidades.

Para aquisição dos dados de temperatura e umidade relativa do ar foi utilizado o sensor DHT22 que mede a temperatura entre -40°C a 125°C e umidade relativa do ar de 0 e 100%. É um sensor relativamente barato e que pode ser utilizado facilmente com Arduino e outros microcontroladores, pois possui 4 pinos conforme Figura 4.

Figura 4 – Sensor DHT22



Fonte: Autor

Os dados de irradiância solar foram obtidos por um pirômetro já calibrado da marca DAVIS 6450. Este piranômetro é constituído de um fotodiodo e envia para sua saída um sinal que varia entre (0 e 3V) podendo realizar medidas entre (0 e 1800 W.m⁻²) com resolução de 1W.m⁻². Este pirômetro mede a Irradiância Solar Global na faixa de comprimento de onda de 400 a 1100 nanômetros.

O sensor de temperatura no solo que foi utilizado é o DS18B20 (Figura 5) que efetua leituras entre -55 °C e 125 °C com uma precisão de 0,5°C na faixa de -10 °C a +85 °C. É um sensor digital de temperatura com características interessantes para uso com o Arduino, que são de baixo custo e a facilidade de uso, além de ser à prova d'água. Outra característica deste sensor é que pode ser combinado até 127 sensores, utilizando apenas um pino de leitura do Arduino.

Figura 5 - DS18B20 em uma embalagem a prova d'água



Fonte: Autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de irradiância, temperatura e umidade relativa do ar e temperatura do solo são coletados pelos sensores a cada 2 segundos, com isso a cada 30 minutos é feito uma média dos valores salvos no cartão SD. As Figuras 6 e 7 evidenciam alguns dados coletados pelo sistema em formato txt.

Figura 6 – Dados de Temperatura e umidade relativa do ar, irradiância solar do dia 26/05/2020

Estação De Solo Campina Grande - PB					
Data	Hora	Dia	Temperatura_Ar	Umidade_Ar	Irradiancia
Estação De Solo Campina Grande - PB					
Data	Hora	Dia	Temperatura_Ar	Umidade_Ar	Irradiancia
26/05/20	14:59:02	Ter	29.52	74.01	445
26/05/20	15:24:24	Ter	29.43	72.44	319
26/05/20	15:49:47	Ter	29.07	74.25	278
26/05/20	16:15:08	Ter	27.44	82.11	80
26/05/20	16:40:30	Ter	26.31	83.85	45
26/05/20	17:05:52	Ter	25.85	84.62	25
26/05/20	17:31:13	Ter	25.21	83.39	5
26/05/20	17:56:34	Ter	24.64	84.30	3
26/05/20	18:21:56	Ter	24.23	87.17	3
26/05/20	18:47:17	Ter	23.96	88.30	3
26/05/20	19:12:38	Ter	23.81	89.01	3
26/05/20	19:37:59	Ter	23.19	89.61	3
26/05/20	20:03:20	Ter	22.91	89.69	3
26/05/20	20:28:42	Ter	22.73	89.60	3
26/05/20	20:54:03	Ter	22.68	89.41	3
26/05/20	21:19:24	Ter	22.50	89.27	3
26/05/20	21:44:45	Ter	22.37	89.17	3
26/05/20	22:10:06	Ter	22.36	89.09	3
26/05/20	22:35:28	Ter	22.28	89.12	3
26/05/20	23:00:49	Ter	22.17	89.09	3
26/05/20	23:26:10	Ter	22.79	88.95	3
26/05/20	23:51:31	Ter	22.85	89.10	3

Fonte: Autor.

A temperatura e humidade relativa do ar varia basicamente com a incidência de radiação advinda do Sol. Percebe-se que o pico da temperatura do ar é quando ocorre o máximo da radiação solar que é entre 14 e 15 horas, conforme Figura 6 e 7. A temperatura mínima é verificada minutos antes do nascer do Sol.

Essa variação de temperatura e umidade relativa do ar influencia diretamente microclima local. Percebe-se que a temperatura do ar tem influência direta com a incidência de radiação no ciclo solar. Pode-se dizer que o aquecimento da atmosfera próxima à superfície terrestre deve-se ao transporte de calor oriundo do solo, devido à incidência dos raios solares (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

Na Figura 7 estão alguns dados referente às temperaturas do solo nas profundidades de 05, 10, 25, 50 e 100cm. Esses dados de temperatura de solo

foram do mesmo dia dos dados da Figura 6 na formatação da forma que é coletado e armazenado no cartão SD pelo Arduino.

Figura 7: Dados de temperatura do solo nas profundidades de 05, 10, 25, 50 e 100cm do dia 26/05/2020

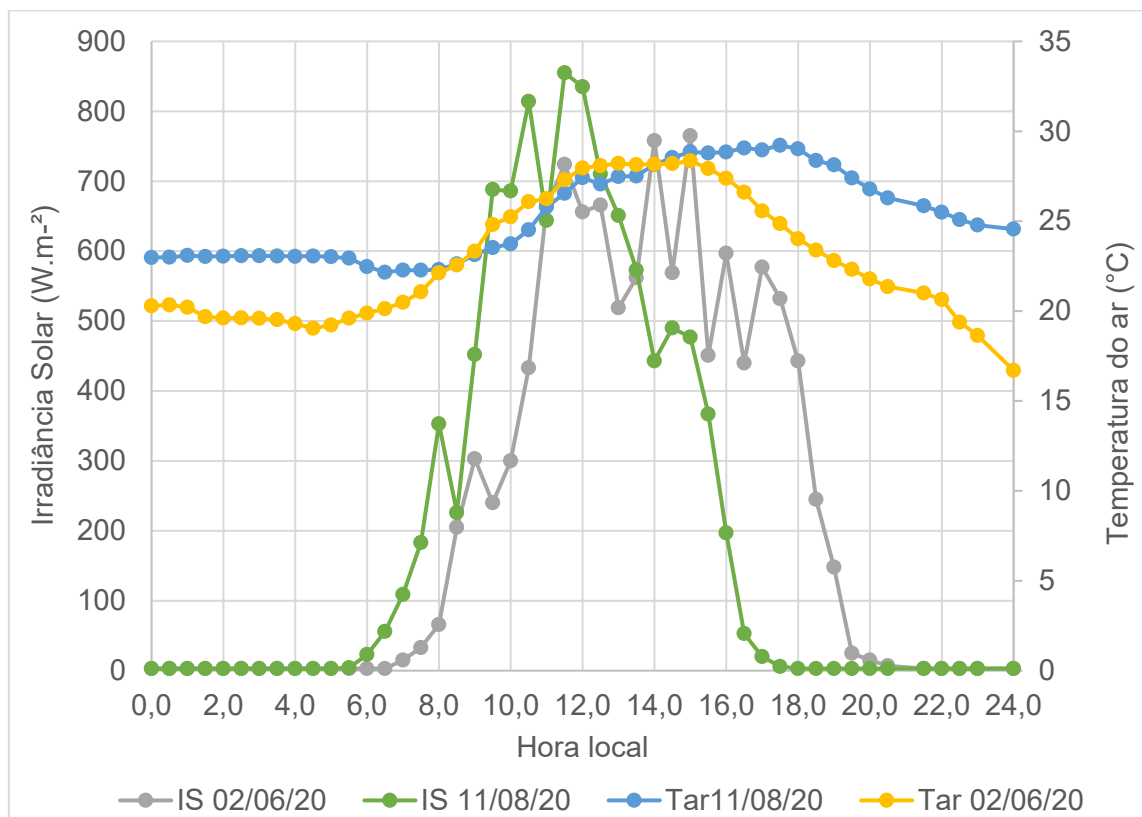
Temp_05cm	Temp_10cm	Temp_25cm	Temp_50cm	Temp_100cm
Temp_05cm	Temp_10cm	Temp_25cm	Temp_50cm	Temp_100cm
34.47	32.00	27.58	28.00	29.50
34.00	32.00	28.00	28.00	29.50
33.53	32.00	28.00	28.00	29.50
32.82	32.00	28.42	28.00	29.50
31.97	31.86	28.50	28.00	29.50
31.24	31.50	28.50	28.00	29.50
30.59	31.07	28.96	28.00	29.50
30.01	30.73	29.00	28.00	29.50
29.51	30.46	29.00	28.00	29.49
29.04	30.00	29.00	28.00	29.49
28.60	29.70	29.00	28.00	29.48
28.22	29.49	29.00	28.00	29.47
27.84	29.01	29.00	28.00	29.46
27.50	28.82	29.00	28.00	29.45
27.19	28.50	29.00	28.00	29.45
27.00	28.26	29.00	28.00	29.43
26.56	28.00	29.00	28.00	29.41
26.49	27.75	29.00	28.00	29.39
26.02	27.50	29.00	28.00	29.38
26.00	27.37	29.00	28.00	29.31
25.56	27.00	28.81	28.00	29.30
25.50	27.00	28.50	28.00	29.28
25.50	26.57	28.50	28.00	29.26
25.39	26.50	28.50	28.01	29.22
25.00	26.50	28.50	28.09	29.19
25.00	26.18	28.50	28.23	29.17

Fonte: Autor.

Está apresentado na Figura 8 os dados de irradiância solar e temperatura do ar coletados nos dias 02/06/2020 e 11/08/2020 ao longo de 24 horas. Observa-se por esta Figura 12 que a irradiância solar tem seu máximo as 15 horas, em torno de 765,0 W.m⁻², ocorrido no dia 02/06/2020, enquanto que no dia 11/08/2020 esse pico de máxima irradiância solar foi de 855 W.m⁻², ocorrido as 11 horas e 30 minutos. Portanto, havendo uma maior distribuição de irradiância solar na data do mês de agosto, quando comparado com a data do mês de junho. Quanto a temperatura do ar nas mesmas datas, verifica-se que na data do mês de agosto, a mesma variou entre 22,2°C e 29,2°C, sendo superior a data do mês de junho que foi entre 16,7°C e 28,4°C. Isto ocorre devido

a temperatura do ar ser dependente da disponibilidade da irradiância solar, visto que o mês de agosto houve uma maior disponibilidade de irradiância solar.

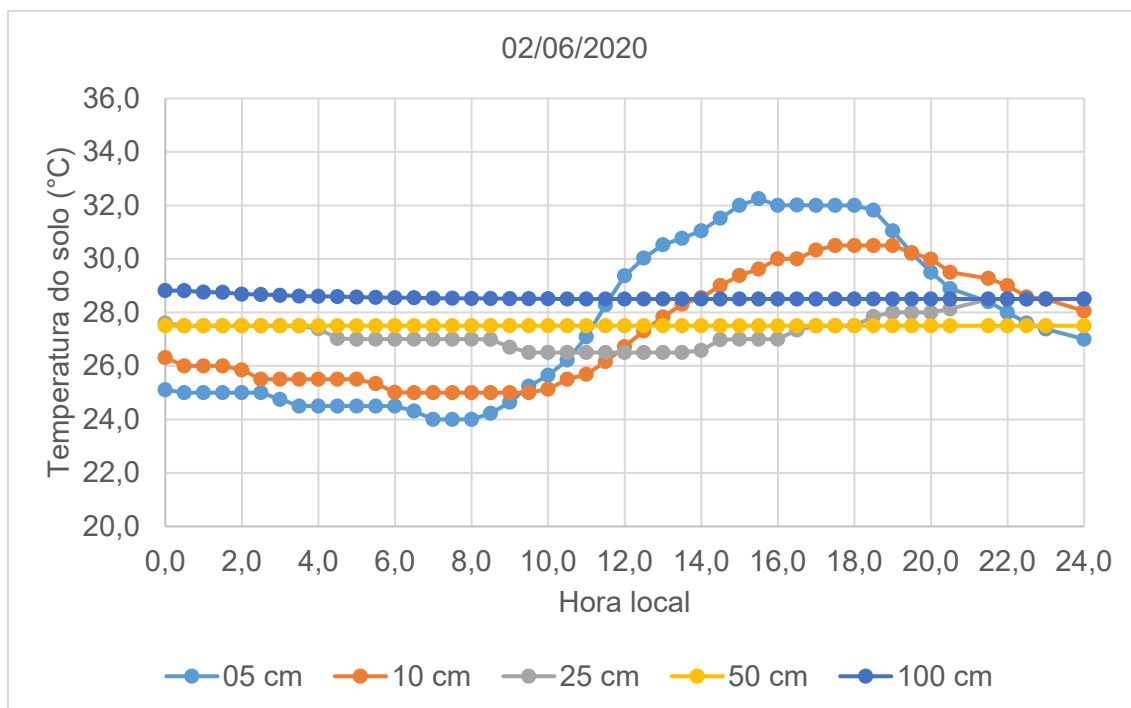
Figura 8: Variação da temperatura relativa do ar e Irradiância nos dias 02/06/2020 e 11/08/2020



Fonte: Autor.

Na Figura 9 pode-se verificar a temperatura de solo nas profundidades de 05, 10, 25, 50 e 100 cm, referentes ao dia 02/06/2020. Percebe-se que a maior variação de temperatura foi na profundidade 05 cm que teve sua mínima de 24,0°C e máxima de 32,3°C. Já a profundidade de 10 cm a temperatura mínima foi de 25,0°C e máxima de 30,5°C. A temperatura da profundidade de 25 cm teve uma variação entre 26,5°C e 28,5°C. Para as profundidades de 50 cm e 100 cm, percebe-se que permanecem praticamente constante, durante o período de 24 horas, sendo a temperatura do solo na profundidade de 50 cm inferior a apenas de 1,0°C a temperatura da profundidade de 100 cm que foi 28,5°C durante o período de 24 horas. Isto pode ser explicado devido ao amortecimento da onda de calor que ocorre no interior do solo, havendo um atraso na temperatura, principalmente em dias com pouca disponibilidade de energia solar.

Figura 9: Perfil de temperatura do solo nas profundidades de 05, 10, 25, 50 e 100 cm do dia 02/06/2020

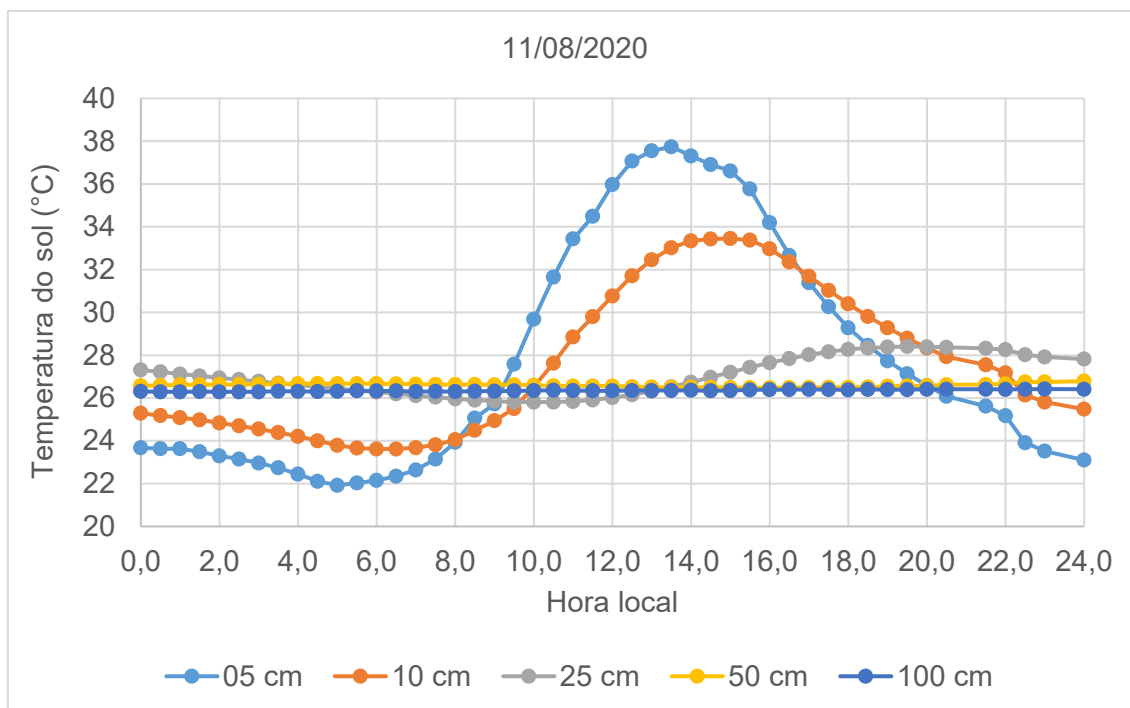


Fonte: Autor

A variação de temperatura do solo nas profundidades já especificadas para o dia 11/08/2020 está representada na Figura 10. Observa-se que a maior variação de temperatura do solo ocorreu na profundidade de 5 cm, com máxima de 37,7°C e mínima de 21,9°C, vindo em seguida a profundidade de 10 cm com 33,4°C de máxima e 23,6°C de mínima. Na profundidade de 25 cm percebe-se que há uma diminuição da variação de temperatura sendo a mínima de 25,81°C e 28,4°C a máxima. Na medida que se vai aumentando a profundidade, verifica-se uma diminuição na amplitude da onda de temperatura do solo, chegando a praticamente constante a partir da profundidade de 50 e 100 cm, principalmente em dias mais quentes. Isto ocorre devido a uma defasagem da onda de calor que se propaga no solo nas camadas mais profundas.

Portanto, ao penetrar no solo, a onda de calor tem sua amplitude diminuída com a profundidade. Isto justifica por que a profundidades maiores a temperatura é constante. Nessas profundidades a amplitude se anula e o máximo de um dia se confunde com o máximo do dia anterior (REICHARDT & TIMM, 2004).

Figura 10: Perfil de temperatura do solo do dia 11/08/2020 nas profundidades 05, 10, 25, 50 e 100 cm



Fonte: Autor.

Durante o dia a temperatura da superfície do solo aumenta devido a incidência de irradiância solar na superfície da Terra, com isso, há um fluxo de energia térmica em forma de calor para o interior de solo por condução. Essa energia é armazenada no interior do solo durante o dia, ocorrendo o oposto durante a noite. Durante a noite, a superfície do solo se resfria invertendo o fluxo de calor, fazendo a energia armazenada ser transferida no sentido da superfície.

À medida que a onda de calor penetra no solo, sua amplitude é diminuída em função da atenuação da radiação e do conteúdo de água no solo que influencia significativamente na variação do perfil de temperatura do solo, pois altera as propriedades térmicas do solo (SANTOS, 1987).

Nas Tabelas 1 e 2 podemos observar a variação da temperatura nas profundidades de 05 cm, 10 cm e 25 cm dos dias 02/06/2020 (Tabela 1) e 11/08/2020 (Tabela 2). Comparando as variações de temperatura nos dois casos, podemos observar que, devido a época do ano, no dia 11/08/2020 tem uma variação maior de temperatura, sendo a variação da profundidade 05 cm maior com 15,8°C de diferença entre a temperatura máxima e mínima.

À medida que a onda de calor penetra no solo, sua amplitude é diminuída em função da atenuação da radiação e do conteúdo de água no solo que influencia significativamente na variação do perfil de temperatura do solo, pois altera as propriedades térmicas do solo.

O que pode ser destacado ainda analisando esses dois casos é o tempo de atraso da propagação da onda de calor entre as profundidades citadas. No caso do dia 02/08/2020 a variação do tempo entre a máxima temperatura da profundidade 05 cm e 10 cm é de aproximadamente de 2 horas e entre as profundidades 10 cm e 25 cm é aproximadamente 5 horas. Em relação ao dia 11/08/2020 temos a variação de 05 cm e 10 cm foi de 1 hora e 30 minutos e entre 10 cm e 25 cm teve um atraso de 4 horas e 30 minutos. Pode-se perceber os atrasos da onda de calor nas temperaturas mínimas fazendo a mesma análise.

Tabela 1: Variação horaria da temperatura do solo nas diferentes profundidades (Z), medidas pelo sistema, no dia 02/06/2020. Campina Grande-PB

Z (cm)	Horário (T _{máx})	T _{máx} (°C)	Horário (T _{min})	T _{mín} (°C)	ΔT(°C)
5	15h 30 min	32,3	7h	24	8,3
10	17h 30 min	30,5	6h	25	5,5
25	22h 30 min	28,5	9h	26,5	2
50	00h	27,5	24h	27,5	0
100	00h	28,8	7h	28,5	0,3

Fonte: Autor.

Tabela 2: Variação horaria da temperatura do solo nas diferentes profundidades (Z), medidas pelo sistema, no dia 11/08/2020. Campina Grande-PB

Z (cm)	Horário (T _{máx})	T _{máx} (°C)	Horário (T _{min})	T _{mín} (°C)	ΔT(°C)
5	13h 30 min	37,74	5h	21,92	15,82
10	15h	33,45	6h30min	23,62	9,83
25	19h30min	28,41	9h30min	25,81	2,93
50	24h	26,79	16h	26,48	0,31
100	00h e 30 min	26,42	23h	26,29	0,13

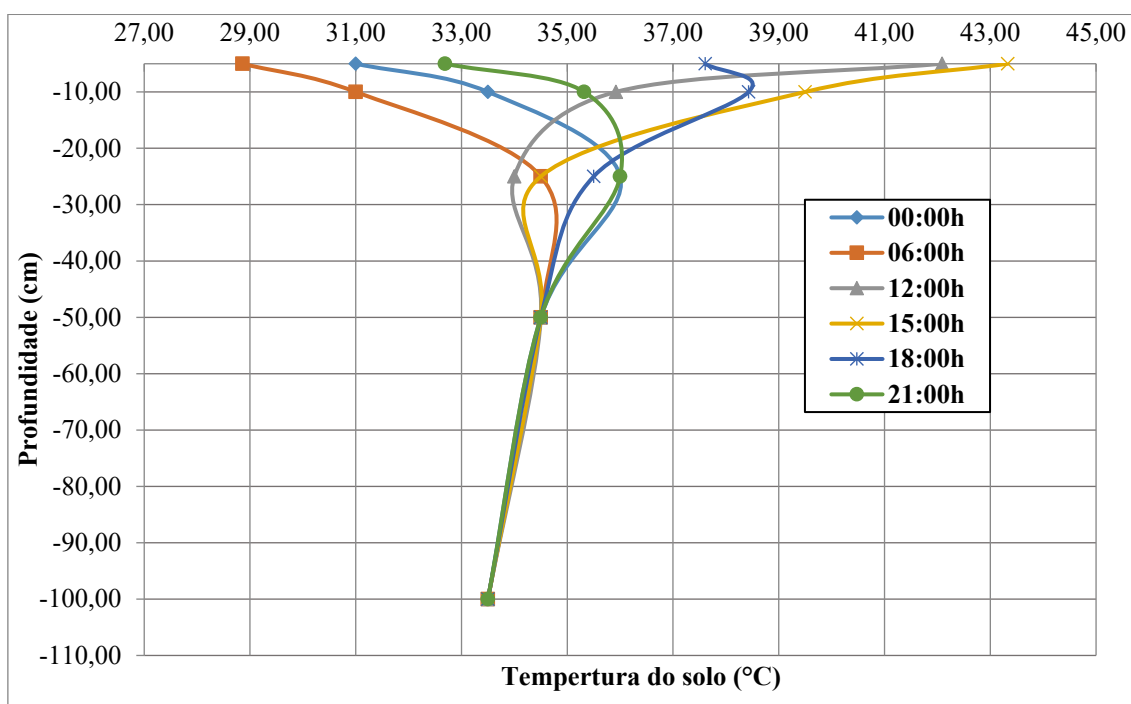
Fonte: Autor.

Na Figura 11 tem-se representadas as variações da temperatura e humidade relativa do ar e das temperaturas do solo nas profundidades de 05, 10, 25, 50 e 100 cm. A maior temperatura na profundidade de 05 cm foi 40,0°C,

em seguida a máxima nos 10 cm foi de 37,0°C e na profundidade de 25 cm foi de 34,0°C e nas profundidades de 50 cm e 100 cm a temperatura máxima chegou a 33,1°C. Verificou-se que houve uma defasagem, ou seja, um atraso na onda de calor devido ao regime de radiação no ciclo solar durante o dia, onde a emissão de irradiância solar faz com que a temperatura da superfície aumente e, devido ao processo de transmissão de calor por condução, existe um fluxo de calor para o interior causando o aumento da temperatura nas camadas mais internas. A noite o fluxo é invertido, pois com a ausência de radiação solar a condução de calor é do interior para a superfície, com isso a temperatura do solo nas profundidades acima de 50 cm fica praticamente constante.

A variação da temperatura do solo durante o dia e em relação a profundidade pode ser estudada através da elaboração dos perfis de variação da temperatura. Na Figura 11 pode-se observar que a maior variação de temperatura durante o dia é na profundidade de 05 cm sendo de 28,8°C às 6 horas e 43,3°C às 15 horas. Verifica-se que a partir da profundidade de 50 cm ocorre um amortecimento da onda de calor, com isso a temperatura permaneceu praticamente constante.

Figura 11. Perfil horário de temperatura de solo em profundidades distintas, medido pelo sistema em 20/12/2019



Fonte: Autor.

5. CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido possibilitou medição satisfatória de dados de temperatura do solo em profundidades distintas, temperatura e umidade relativa do ar e irradiância solar para utilização em atividades correlatas;

A relativa facilidade de montagem, tanto do abrigo quanto da parte eletrônica e programação da plataforma Arduino, e o valor de aquisição dos materiais viabilizam a construção do equipamento;

A plataforma Arduino pode ser recomendada como uma alternativa de hardware de aquisição de dados para medidas de variáveis climáticas.

REFERRÊNCIAS

BANZI, M. Primeiros passos com o Arduino. 1. Ed. São Paulo: Novatec, 2012.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.14, p.91-98, 1990.

BLUM, R. Teach Yourself Arduino programming in 24 hours. Indianápolis: Sams, 2015. 286p.

DECICO, A. Equações para o cálculo da condutividade térmica de alguns solos em função da densidade e umidade. **Ciencia e Cultura**, v.12, p.1178-1182, 1974.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. Arduino em ação. São Paulo: Novatec, 2013.

FONSECA, E. G. P. da; BEPPU, M. M. Apostila Arduino. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense Centro Tecnológico, 2010. 23 p.

GASPARIM, E.; RICIER, R.P.; SILVA, S.L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v.1, n1, p.107-115, 2005.

HORTON, R.; WIERENGA, P.J. & NIELSEN, D.R. Evaluation of methods for determining apparent thermal diffusivity of soil near the surface. Soil Sci. Soc. Am. J., 47:23-32, 1983.

KOSSOWSKI J., SIKORA E. 1978: Thermal properties of the soils and methods of their determination. Problemy Agrofizyki, zeszyt 27 s. 58.

MICROBERTS, Michael. Arduino básico. São Paulo; Novatec Editora, 2011.

PEARCE, D. C. ; GOLD, L. W. Observations of ground temperature and heat flux at Ottawa, Canada, **Journal of Geophysical Research**, N.65, V.9, P1293-1295, 1959.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. B.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia – Fundamentos e Aplicações Práticas. Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Meteorologia Agrícola. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, 2007.

PESSOA, T. O. A. Avaliação da influência da mineralogia, índice de vazios e teor de umidade em propriedades térmicas de solos. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.2006, p.163.

RICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 1a ed. Barueri: Manole, 478p., 2004.

Reichardt, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo: Fundação Cargill, 1985.

RODRIGUES, L.; SARTORI, E.; GOUVEIA, B. Introdução ao Arduino. Mato Grosso do Sul: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2012. 25 p.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.L. Sistema de plantio direto: o produtor pergunta a Embrapa responde. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 248p, 1998.

SANTOS, R. C. Propriedades térmicas do solo: um estudo de casos. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, são José dos Campos, set., 133 p., 1987. (INPE-4332-TDL/289).

SCHÖFFEL, E.R.; MENDES, M.E.G. Influência da cobertura sobre o perfil vertical de temperatura do solo. XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – Piracicaba. São Paulo, 2005.

SELLERS, W. D. **Physical climatology**. Chicago, University of Chicago Press, 1965. 272p.

SILVA, D. P. Variação da temperatura do ar e da temperatura medida e estimada no interior do solo, em superfície com e sem vegetação (estudo de caso). 2010. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Meteorologia) - Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Pará, 2010.

TINDALL, J. A.; MILLS.H.A.; RADCLIFFE, R.E. The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. Journal of plant nutrition, v.13, n.8, p.939-956, 1990.

TORRES, J.D.; MONTEIRO, I.O.; SANTOS, J.R.; ORTIZ, M.S. Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados. *Scientia Plena*, Aracaju, v.11, n.2, 2015.

VIANELLO, R. L.; ANDRÉ, R. G. B.; MARQUES, V. S. Comportamento térmico do solo de Jaboticabal – SP, sob três diferentes coberturas. **Revista Ceres**, v.29, p.73-88, 1982.

VERHOEF, A., VAN DEN HURK, B. J., JACOBS, J. M., and HEUSINKVELD, A. F. G.: Thermal soil properties for a vineyard (EFEDA-I) and a savanna (HAPEX-Sahel) site, *Agr. Forest Meteorol.*, 78, 1–18, 1996.

APÊNDICE A – Programação do Arduíno para esse trabalho

```

#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>
#include <SHT1x.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 7
#define ADC_16BIT_MAX 65536
#define DS1307_ADDRESS 0x68
#define dataPin 9
#define clockPin 8
SHT1x sht1x(dataPin, clockPin);
Adafruit_ADS1115 ads(0x48);

float Rad;
float temp_c;
float temp_f;
float humidity;
float Voltage;

float ads_bit_Voltage;
float constante = 0.0016666667;
int16_t adc0;
const int chipSelect = 10; // pino do modulo SD
byte zero = 0x00;

// Define uma instancia do oneWire para comunicacao com o sensor
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress sensor1 = {0x28, 0xB9, 0x65, 0xDC, 0x06, 0x00, 0x00, 0x8E};
DeviceAddress sensor2 = {0x28, 0x91, 0x97, 0xDD, 0x06, 0x00, 0x00, 0x33};
DeviceAddress sensor3 = {0x28, 0x31, 0x88, 0xC9, 0x06, 0x00, 0x00, 0x4A};
DeviceAddress sensor4 = {0x28, 0x7F, 0x70, 0xDE, 0x06, 0x00, 0x00, 0x0A};
DeviceAddress sensor5 = {0x28, 0x62, 0x73, 0xCA, 0x06, 0x00, 0x00, 0x63};

void setup()
{

  sensors.begin();

```

```

// Definir a resolução para 10 bits
sensors.setResolution(sensor1, 7);
sensors.setResolution(sensor2, 7);
sensors.setResolution(sensor3, 7);
sensors.setResolution(sensor4, 7);
sensors.setResolution(sensor5, 7);

ads.begin();

// ADS1110      ADS1115
// ads.setGain(GAIN_TWOTHIRDS); // 2/3x gain +/- 6.144V  1 bit = 3mV
0.1875mV (default)
  ads.setGain(GAIN_ONE); // 1x gain +/- 4.096V  1 bit = 2mV  0.125mV
// ads.setGain(GAIN_TWO); // 2x gain +/- 2.048V  1 bit = 1mV  0.0625mV
// ads.setGain(GAIN_FOUR); // 4x gain +/- 1.024V  1 bit = 0.5mV
0.03125mV
// ads.setGain(GAIN_EIGHT); // 8x gain +/- 0.512V  1 bit = 0.25mV
0.015625mV
// ads.setGain(GAIN_SIXTEEN); // 16x gain +/- 0.256V  1 bit = 0.125mV
0.0078125mV

/* modifique este valor de acordo com o ganho selecionado */
float ads_InputRange = 4.096f;

/* no range de +-6.144V, 187.502uV/bit */
ads_bit_Voltage = (ads_InputRange * 2) / (ADC_16BIT_MAX - 1);

Wire.begin();
Serial.begin(9600);
if (!SD.begin(chipSelect)) {
  Serial.println("Cartão com falha ou não está presente");// não faça mais nada...
  return;
}

Serial.println("Data\t\tHora\t\tDia\t\tTemperatura_Ar\t\tUmidade_Ar\tIrradiancia\t
Temp_05cm\tTemp_10cm\tTemp_25cm\tTemp_50cm\tTemp_100cm");

File dataFile = SD.open("dados.txt", FILE_WRITE);
if (dataFile) {
  dataFile.println();
  dataFile.println("Estação De Solo");
  dataFile.println("Campina Grande - PB");
  dataFile.println();

  dataFile.println("Data\t\tHora\t\tDia\t\tTemperatura_Ar\t\tUmidade_Ar\tIrradianci
a\tTemp_05cm\tTemp_10cm\tTemp_25cm\tTemp_50cm\tTemp_100cm");

```

```

dataFile.close();
}
//SelecionaDataeHora(); // Commentar esta linha após ajustar a data e a hora.
}

void loop(){

int leituras = 421;
float Voltage = 0;
float temp_cM = 0;
float humidityM = 0;
float RadM = 0;
float temp1M = 0;
float temp2M = 0;
float temp3M = 0;
float temp4M = 0;
float temp5M = 0;

for (float i = 0; i < leituras; i++){

// Data e hora.
Wire.beginTransaction(DS1307_ADDRESS);
Wire.write(zero);
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(DS1307_ADDRESS, 7);
int segundos = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int minutos = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int horas = ConverteparaDecimal(Wire.read() & 0b111111);
int diadasemana = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int diadomes = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int mes = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int ano = ConverteparaDecimal(Wire.read());

// Le as informacoes dos sensores de temperatura, umidade do ar e radiação
solar.

temp_c = sht1x.readTemperatureC();
temp_f = sht1x.readTemperatureF();
humidity = sht1x.readHumidity();
adc0 = ads.readADC_SingleEnded(0);
Voltage = (adc0 * ads_bit_Voltage);
Rad = (Voltage/constante);

// Le as informacoes dos sensores de solo.

sensors.requestTemperatures();

```

```
float temp1 = sensors.getTempC(sensor1);
float temp2 = sensors.getTempC(sensor2);
float temp3 = sensors.getTempC(sensor3);
float temp4 = sensors.getTempC(sensor4);
float temp5 = sensors.getTempC(sensor5);
```

```
temp_cM = temp_cM + temp_c;
humidityM = humidityM + humidity;
RadM = RadM + Rad;
temp1M = temp1M + temp1;
temp2M = temp2M + temp2;
temp3M = temp3M + temp3;
temp4M = temp4M + temp4;
temp5M = temp5M + temp5;
```

```
//Mostra a data no Serial Monitor
```

```
if (diadomes < 10)
Serial.print("0");
Serial.print(diadomes);
Serial.print("/");
if (mes < 10)
Serial.print("0");
Serial.print(mes);
Serial.print("/");
Serial.print(ano);
Serial.print(" ");
Serial.print("\t");
if (horas < 10)
Serial.print("0");
Serial.print(horas);
Serial.print(":");
if (minutos < 10)
Serial.print("0");
Serial.print(minutos);
Serial.print(":");
if (segundos < 10)
Serial.print("0");
Serial.print(segundos);
Serial.print("\t");
switch(diadasemana)
{
case 7:Serial.print("Dom");
break;
case 1:Serial.print("Seg");
break;
case 2:Serial.print("Ter");
```

```

break;
case 3:Serial.print("Qua");
break;
case 4:Serial.print("Qui");
break;
case 5:Serial.print("Sex");
break;
case 6:Serial.print("Sab");
}
Serial.print("\t\t");
Serial.print(temp_c);
Serial.print("\t\t\t");
Serial.print(humidity);
Serial.print("\t\t");
Serial.print(Rad);
Serial.print("\t\t");
Serial.print(temp1);
Serial.print("\t\t");
Serial.print(temp2);
Serial.print("\t\t");
Serial.print(temp3);
Serial.print("\t\t");
Serial.print(temp4);
Serial.print("\t\t");
Serial.println(temp5);

delay(2000);

}

// Médias

temp_cM = temp_cM / leituras;
humidityM = humidityM / leituras;
RadM = RadM / leituras;
temp1M = temp1M / leituras;
temp2M = temp2M / leituras;
temp3M = temp3M / leituras;
temp4M = temp4M / leituras;
temp5M = temp5M / leituras;

File dataFile = SD.open("dados.txt", FILE_WRITE);
if (dataFile)
{

// Data e hora.

```

```
Wire.beginTransaction(DS1307_ADDRESS);
Wire.write(zero);
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(DS1307_ADDRESS, 7);
int segundos = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int minutos = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int horas = ConverteparaDecimal(Wire.read() & 0b111111);
int diadasemana = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int diadomes = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int mes = ConverteparaDecimal(Wire.read());
int ano = ConverteparaDecimal(Wire.read());

if (diadomes < 10)
dataFile.print("0");
dataFile.print(diadomes);
dataFile.print("/");
if (mes < 10)
dataFile.print("0");
dataFile.print(mes);
dataFile.print("/");
dataFile.print(ano);
dataFile.print("\t");
if (horas < 10)
dataFile.print("0");
dataFile.print(horas);
dataFile.print(":");
if (minutos < 10)
dataFile.print("0");
dataFile.print(minutos);
dataFile.print(":");
if (segundos < 10)
dataFile.print("0");
dataFile.print(segundos);
dataFile.print("\t");

switch(diadasemana)
{
case 7:dataFile.print("Dom");
break;
case 1:dataFile.print("Seg");
break;
case 2:dataFile.print("Ter");
break;
case 3:dataFile.print("Qua");
break;
case 4:dataFile.print("Qui");
```

```

    break;
    case 5:dataFile.print("Sex");
    break;
    case 6:dataFile.print("Sab");
    }

dataFile.print("\t\t");
dataFile.print(temp_cM);
dataFile.print("\t\t\t");
dataFile.print(humidityM);
dataFile.print("\t\t");
dataFile.print(RadM);
dataFile.print("\t\t");
dataFile.print(temp1M);
dataFile.print("\t\t");
dataFile.print(temp2M);
dataFile.print("\t\t");
dataFile.print(temp3M);
dataFile.print("\t\t");
dataFile.print(temp4M);
dataFile.print("\t\t");
dataFile.println(temp5M);

}
else
{
    dataFile.println("error opening datalog");
}
    dataFile.close();

delay (100);
}

void SeleccionaDataeHora() //Seta a data e a hora do DS1307
{
    byte segundos = 00; //Valores de 0 a 59
    byte minutos = 24; //Valores de 0 a 59
    byte horas = 22; //Valores de 0 a 23
    byte diadasemana = 3; //Valores de 0 a 6 - 0=Domingo, 1 = Segunda, etc.
    byte diadomes = 07; //Valores de 1 a 31
    byte mes = 8; //Valores de 1 a 12
    byte ano = 19; //Valores de 0 a 99
    Wire.beginTransmission(DS1307_ADDRESS);
    Wire.write(zero); //Stop no CI para que o mesmo possa receber os dados

```

```
//As linhas abaixo escrevem no CI os valores de
//data e hora que foram colocados nas variaveis acima
Wire.write(ConverteParaBCD(segundos));
Wire.write(ConverteParaBCD(minutos));
Wire.write(ConverteParaBCD(horas));
Wire.write(ConverteParaBCD(diadasemana));
Wire.write(ConverteParaBCD(diadomes));
Wire.write(ConverteParaBCD(mes));
Wire.write(ConverteParaBCD(ano));
Wire.write(zero); //Start no CI
Wire.endTransmission();
}

byte ConverteParaBCD(byte val){ //Converte o número de decimal para BCD
return ( (val/10*16) + (val%10) );
}

byte ConverteparaDecimal(byte val) { //Converte de BCD para decimal
return ( (val/16*10) + (val%16) );
}
```


AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado saúde e forças nos momentos mais difíceis da caminhada até o fim desse curso.

Sou bastante grato aos meus Pais pelo esforço e dedicação que sempre tiveram desde o ensino fundamental. Esses guerreiros fizeram o possível para que eu pude-se seguir meus estudos, e até aqui tem me ajudado.

Agradeço aos meus orientadores e professores que me ajudaram nessa jornada acadêmica.

Por fim, agradeço aos meus amigos que estiveram comigo durante o curso e aos que, mesmo não estando próximos, me ajudavam com incentivo e palavras de conforto.

A Universidade Estadual da Paraíba por ter dado a oportunidade de ser um aluno dessa instituição de ensino.

Ao CNPq pelo investimento nos projetos de iniciação científica sendo um deles que deu origem a esse trabalho.