



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
***CAMPUS* CERRO LARGO**
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

PAOLA MACHADO MUNIZ

ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO SOLO PARA SOLARIZAÇÃO
EM LATOSSOLO

CERRO LARGO

2019

PAOLA MACHADO MUNIZ

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO SOLO PARA SOLARIZAÇÃO
EM LATOSSOLO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado
como requisito para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Cassol

CERRO LARGO

2019

Muniz, Paola Machado.

ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO SOLO PARA
SOLARIZAÇÃO EM LATOSSOLO / Paola Machado Muniz. --2019.

33 f.:il.

Orientador: Doutor Fabiano Cassol.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro Largo, RS, 2019.

1. Solarização do Solo. I. Cassol, Fabiano, orient.

II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Fonte: Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

PAOLA MACHADO MUNIZ

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO SOLO PARA
SOLARIZAÇÃO EM LATOSSOLO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

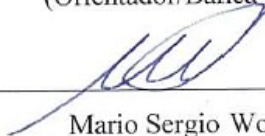
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

08/07/2019

BANCA EXAMINADORA



Fabiano Cassol- UFFS
(Orientador/Banca Examinadora)



Mario Sergio Wolski- UFFS
(Banca Examinadora)



Marcio Antônio Vendrusculo-UFFS
(Banca Examinadora)

CERRO LARGO

2019

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais por sempre estarem ao meu lado, me ajudando a superar e a nunca desistir.

Ao meu orientador Fabiano Cassol por sempre se disponibilizar a ajudar em todos os requisitos.

A minha colega de projeto Thalía Friedrich que esteve ao meu lado, me ajudando em tudo.

A minha família que sempre me apoiou, e incentivou.

Aos meus amigos por terem entendido muitas vezes minha ausência, em meus momentos de estresse.

RESUMO

Esta pesquisa teve como tema o tratamento do solo através do método de solarização com filme polietileno. A solarização visa enfatizar um método sustentável dos recursos naturais, por meio da utilização da radiação solar no combate a micro-organismos patógenos presentes no solo. Objetivou avaliar o perfil de temperatura do solo durante o processo de solarização e a verificação da eficiência da mesma para beneficiamento sustentável de solo. Metodologicamente, através de coleta e registro de dados de parâmetros ambientais que se fazem mais importantes para a solarização, como a variação e correlações de temperatura, foi possível realizar um comparativo das temperaturas resultantes com e sem o método de solarização, demonstrando a aplicabilidade ou não do experimento realizado. Além disso, foram utilizados métodos estatísticos para obtenção de equações que definem o comportamento das temperaturas nas diferentes profundidades do solo analisadas neste estudo. Com os resultados, constatou-se uma temperatura máxima de 33,34 °C na superfície do solo que não recebeu a cobertura de polietileno, e 36,72 °C na superfície do solo solarizado. O coeficiente de determinação para a área que não recebeu solarização variou entre 0,61 e 0,50, enquanto que para o solo solarizado, o R² variou entre 0,63 e 0,36. Para obter resultados mais vantajosos, propõem-se um maior período de solarização, bem como uma maior área de aplicação, que pode colaborar com acúmulo de calor entre a superfície do solo e o filme plástico.

Palavras-chave: Solarização. Temperatura. Solo.

ABSTRACT

This research had the theme of soil treatment through the method of solarization with polyethylene film. Solarization aims to emphasize a sustainable method of natural resources, through the use of solar radiation in the fight against pathogenic microorganisms present in the soil. The objective of this study was to evaluate the soil temperature profile during the solarization process and to verify its efficiency for sustainable soil improvement. Methodologically, by collecting and recording data of environmental parameters that are most important for solarization, such as variation and temperature correlations, it was possible to perform a comparison of the resulting temperatures with and without the solarization method, demonstrating the applicability or not of the experiment. In addition, statistical methods were used to obtain equations that define the behavior of temperatures at the different depths of the soil analyzed in this study. With the results, a maximum temperature of 33.34 °C was observed in the soil surface that did not receive the polyethylene cover, and 36.72 °C in the surface of the solarized soil. The coefficient of determination for the area that did not receive solarization varied between 0.61 and 0.50, while for the solarized soil, the R^2 ranged between 0.63 and 0.36. To obtain more advantageous results, a longer solarization period is proposed, as well as a larger area of application, which can contribute to the accumulation of heat between the soil surface and the plastic film.

Keywords: Solarization. Temperature. Ground.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 ENERGIA SOLAR E TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA	10
2.1 INTERFERÊNCIA DE PATÓGENOS NAS CULTURAS AGRÍCOLAS.....	11
2.2 CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS.....	12
2.3 SOLARIZAÇÃO DO SOLO.....	13
2.4 MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES DO SOLO.....	16
3 MATERIAS E MÉTODOS.....	18
3.1 CALIBRAÇÃO DOS TERMOPARES.....	21
3.2 REGRESSÃO LINEAR.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO DOS MICROORGANISMOS.....	25
4.2 CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS PARA A TEMPERATURA DO SOLO.....	26
5 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas para a garantia de sustentabilidade em sistemas agrícolas é a ocorrência de doenças nas plantas, pois muitas das práticas utilizadas para o controle proporcionam a degradação dos ecossistemas. Nesse sentido, o método de solarização é uma técnica não química, sendo este o fator de maior interesse neste trabalho, utilizada para inibir sementes patogênicas nocivas e ervas daninhas invasoras de áreas cultivadas (GHINI, 1997).

A técnica de solarização consiste na aplicação de uma cobertura com material fino de polietileno transparente sobre a superfície do solo úmido. A solarização é recomendada em regiões mediterrânicas, desérticas e climas tropicais com altas temperaturas, especialmente no verão, devido à alta irradiação solar (STAPLETON, 2000). A cobertura sobreposta no solo, além de proteger e reduzir a amplitude de temperatura, diminuindo a evaporação (FURLANI et al., 2008), possui a finalidade de intensificar a absorção do calor provindo dos raios solares, porque assim permite a passagem da radiação de comprimentos de onda curtos, que é importante pois, ajuda a minimizar a perda de calor para o ambiente.

A solarização pressupõe o controle de fitopatógenos associados ao solo. Fitopatógenos são microrganismos que transmitem doenças para plantas ou que são capazes de causar algum problema infeccioso, mas não possuem risco a saúde humana. A cobertura promove o aquecimento, sobretudo, das camadas superficiais do solo, inibindo organismos prejudiciais às plantas. Deste modo, um grande número de patógenos é eliminado em decorrência da elevação da temperatura. (KATAN, 2007).

Durante o dia, o solo atua como um reservatório de calor, e à noite em virtude da perda de radiação pela superfície do solo, libera energia das suas profundidades para as camadas superiores (VIANELLO; ALVES, 1991). Complementado, Santos (2008) afirma que a superfície do solo realiza a mais importante troca e armazenamento de energia térmica nos ecossistemas terrestres, por essa razão, o uso de polietileno sobre o solo intensifica as temperaturas das camadas superficiais e inferiores, podendo dessa forma alterar significativamente o comportamento dos microrganismos presentes na área solarizada. A temperatura afeta a maioria dos processos biológicos e físicos que ocorrem no subsolo e desempenha um papel importante durante o ciclo de vida das plantas. A maioria dos microrganismos do solo mantém-se em condições ótimas de crescimento em temperaturas mais baixas. Assim, a elevação de temperaturas durante o processo de solarização pode danificar a composição taxonômica das comunidades microbianas (KANAN et al., 2018).

Evidências indicam que o aumento do calor sob a cobertura plástica provoca taxas mais altas de decomposição de compostos orgânicos no solo e uma conseqüente liberação de produtos químicos voláteis, como álcoois e aldeídos, que podem desempenhar uma função importante na erradicação de vários microrganismos (GAMLIEL et al., 2000),

As características mais apropriadas para a escolha da cobertura do solo, conforme Stapleton (2000) são os filmes potencialmente impermeáveis que apresentam melhores características de espectro radiométricas e temperaturas mais altas que o polietileno de baixa densidade. Quanto à coloração da lona a ser utilizada para o experimento, pesquisas apontaram que o material mais adequado para aplicações de solarização é a cobertura de polietileno transparente.

A relevância do estudo e aplicação de técnicas agrícolas sustentáveis está relacionada à maior preocupação da sociedade com questões ambientais, movidas pela discussão acerca da intensa utilização de agrotóxicos, além do desenvolvimento dos sistemas de produção orgânica. Por essa razão, medidas de controle eficientes e não químicas, ou seja, que não geram danos ao meio ambiente, tornam-se cada vez mais importantes.

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar o perfil de temperatura do solo durante o processo de solarização e a verificação da eficiência da mesma para beneficiamento sustentável de solo, tornando possível realizar um monitoramento ambiental, como o levantamento e registro de dados de parâmetros ambientais que se fazem mais importantes para a solarização, como a variação de temperatura do solo ao longo do dia, além da obtenção de correlações que estimem a temperatura do solo em função da temperatura do ar.

2 ENERGIA SOLAR E TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

O Sol irradia para o planeta Terra um potencial energético elevado e de extrema relevância, sendo incomparável a qualquer outro sistema de energia, além de ser a fonte básica e indispensável para quase todas as formas de energia utilizadas pelo ser humano, animais e vegetação (ALVARENGA et al., 2014).

A transferência de calor no solo é fundamental para o estudo do balanço energético no sistema solo-planta-atmosfera, na qual ocorre trocas térmicas entre a superfície do solo e a atmosfera, bem como o armazenamento do fluxo de calor, que é controlado pela sua condutividade térmica e pelos gradientes de temperatura (SOARES, 2014), sendo este influenciado pelo solo sem cobertura, uma vez que condiciona o aquecimento da superfície do solo. A condutividade térmica também é afetada pela umidade do solo e a mesma influencia a condução de calor da superfície para as camadas mais profundas (DANELICHEN, 2012).

As vantagens da técnica de solarização para método alternativo de desinfestação do solo são a não utilização de produtos químicos, o baixo custo, segurança para saúde humana e o meio ambiente. Entretanto, o aumento de temperatura do solo não é seletivo para a maioria dos microrganismos, sejam patógenos ou benéficos para as culturas (RANDIG, MEDEIROS, SPERANDIO, 2001).

A produção agrícola é afetada principalmente por plantas daninhas, gerando grandes impactos. Planta daninha é qualquer espécie vegetal que interfere negativamente na atividade antrópica, sendo uma planta indesejável no cultivo. As plantas daninhas germinam, crescem rápido e são adaptáveis para áreas grandes ou pequenas. Com a presença de plantas daninhas nas áreas agrícolas, ocorrem vários prejuízos, devido a competição dessas com o plantio pelos nutrientes essenciais presentes no solo, podendo ocasionar a perda total nas lavouras (PUHL, 2013).

Entre os principais impactos negativos das plantas daninhas sobre espécies cultivadas estão a redução na qualidade do produto colhido (muitas impurezas), redução na quantidade produzida, disseminação de pragas e doenças, intoxicação de animais e dificuldade de manejar a água. Além de agentes patógenos, como citados anteriormente, várias plantas daninhas também podem ser controladas pelo processo de solarização, por exemplo, em hortas comerciais, visando apenas ao controle natural das mesmas, além de grande redução na mão-de-obra (GHINI, 1997).

No entanto, uma população de plantas daninhas em áreas agrícolas, em alguns casos, pode também trazer impactos positivos, como por exemplo a proteção do solo contra incidência direta da radiação solar, prevenção de erosão pela proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva, redução da evaporação (perda de água do solo), incorporação de nitrogênio ao solo e aumento da matéria orgânica no solo.

Ainda, de acordo com Puhl (2013), a questão econômica e de flexibilidade estão presentes em práticas de manejo de plantas daninhas, onde o manejo deve ser adequadamente considerado, conforme a capacidade do agricultor e disponibilidade de equipamentos distintos para cada fase da cultura. As condições climáticas, o tipo de solo, espécies de plantas daninhas existentes no campo e a rotação de culturas são fatores que devem ser considerados na escolha do método de controle, podendo ser mais ou menos eficientes conforme as condições disponíveis.

A associação entre culturas e plantas daninhas pode ser utilizada a fim de minimizar os efeitos das comunidades infestantes. As características próprias das plantas cultivadas podem contribuir neste método de controle, como por exemplo, espécies de rápido crescimento sombreiam a superfície do solo antes do aparecimento das plantas daninhas. Atrelado a isso, devem ser selecionadas sementes de alto rigor, plantar na época mais recomendada, com densidade e espaços indicados, adubações adequadas, e além de irrigação, rotação das culturas e plantio corretos.

A melhor distribuição e arranjo das plantas permite o sombreamento da superfície do solo, fazendo com que impeça o surgimento de tiririca (*Cyperus haspan*) e capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), por exemplo, que são espécies com alta demanda por luz solar. A capacidade de sombreamento é reduzida com prejuízos causados por doenças e insetos, podendo aumentar o aparecimento e crescimento de plantas daninhas.

Puhl (2013) enfatiza que a rotação de culturas é muito útil para controle de ervas daninhas desde a antiguidade. Ela inibe o crescimento dessas espécies mantendo a superfície do solo coberta. Cabe ao agricultor escolher corretamente o tipo de cultura a ser utilizada, pois em culturas bastante contrastantes, será preciso fazer o controle químico sobre a plantação.

2.1 INTERFERÊNCIA DE PATÓGENOS NAS CULTURAS AGRÍCOLAS

As plantas daninhas possuem grande agressividade em decorrência da elevada e prolongada capacidade de produção de diásporas dotadas de altas viabilidades e longevidades,

que são capazes de germinar, de maneira descontínua, e em muitos ambientes e que possuem adaptações especiais para a disseminação a curta e longa distância, apresentam rápido crescimento vegetativo e florescimento (PITELLI, 1987).

A interferência das plantas daninhas em culturas pode ocorrer de duas maneiras distintas: competição e alelopatia (FONTES et al., 2003). A competição ocorre quando plantas disputam pelos recursos necessários ao crescimento, principalmente por água, luz e nutrientes (PITELLI, 1987). Rice (1984) define o termo alelopatia como qualquer efeito nocivo ou benéfico que uma planta (ou microrganismo) exerce sobre outra, através da produção de compostos químicos liberados no meio ambiente. Também pode liberar substâncias alelopáticas, atuando como hospedeiros de pragas e doenças e interferindo nas práticas e manejo tais como a colheita. Assim, qualquer planta daninha que se estabeleça na cultura vai usar parte dos fatores de produção, podendo causar reduções de produtividade (ZANATTA et al., 2006).

Em culturas folhosas, as plantas daninhas também favorecem a umidade das folhas, aumentando, assim, a incidência de doenças, diminuindo a qualidade do produto e o valor comercial (LORENZI, 2006). Os principais efeitos da interferência das plantas daninhas nas espécies cultivadas são os seguintes: redução de produtividade; redução na qualidade do produto colhido (principalmente impurezas); redução no valor da terra; disseminação de pragas e doenças; dificuldade de realizar tratamentos culturais e colheita; dificuldade no manejo da água (reservatórios e canais de irrigação); e intoxicação de animais (PITELLI, 1985; FONTES et al., 2003).

2.2 CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS

As doenças de plantas causadas por patógenos habitantes de solo constituem um dos principais problemas para a maioria das culturas. As práticas de manejo de plantas daninhas em olericultura devem ser eficientes, econômicas e flexíveis (SILVA, et al. 2006). O manejo deve considerar o método de controle de plantas daninhas mais adequados, de acordo com a capacidade do agricultor quanto à disponibilidade de equipamentos nas diferentes fases de cada cultura.

A escolha e a eficiência de cada um dos métodos de controle podem variar conforme as espécies de plantas daninhas existentes na área, as condições climáticas, o tipo de solo, os tratamentos culturais, a rotação de culturas e a disponibilidade de herbicidas seletivos e registrados

para a cultura em questão. A disponibilidade de herbicidas registrados, de mão-de-obra treinada e de bons equipamentos de aplicação são condições essenciais para o uso do método químico (SILVA, et al. 2006).

Na maior parte dos casos, práticas culturais não são suficientes para o controle e variedades de plantas resistentes não estão disponíveis. O controle químico apresenta problemas quanto a custo, eficiência e contaminação do aplicador, do alimento produzido e do ambiente (MICHEREFF et al., 2001).

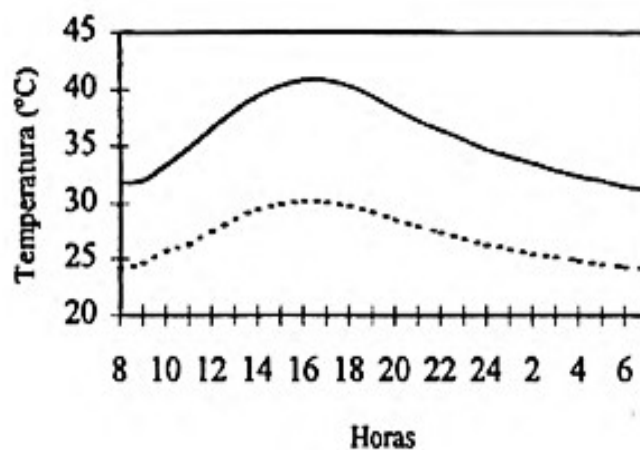
Nesse sentido, o controle preventivo é o mais recomendável, evitando-se a entrada do patógeno na área, pois, uma vez estabelecidos no solo, a erradicação desses patógenos é muito difícil (BEDENDO, 1995). Deste modo, a agricultura sustentável busca o manejo adequado dos recursos naturais, evitando a degradação do meio ambiente, de forma a satisfazer as necessidades humanas no presente e no futuro. Um de seus objetivos é reduzir a utilização de produtos químicos, o que implica maior uso de processos biológicos nos sistemas agrícolas e menor uso de insumos, como pesticidas. Um dos problemas para a manutenção da sustentabilidade dos agroecossistemas é a ocorrência de doenças de plantas, tendo em vista que muitas das práticas utilizadas para o controle colaboram para sua degradação (ZAMBOLIM et al., 2000).

2.3 SOLARIZAÇÃO DO SOLO

Um dos princípios de combate a agentes patógenos é o uso da solarização com cobertura de polietileno transparente, como citado anteriormente, que promove o aumento da temperatura do solo através do aumento da radiação solar absorvida pelo solo, em repetidos momentos do dia, conforme representado na Figura 1, na qual observa-se o comportamento das temperaturas do solo ao longo do tempo para uma profundidade de 10 cm, que são significativamente superiores para o solo solarizado (linha contínua), ultrapassando 40°C em alguns períodos, enquanto o solo não solarizado apresenta temperaturas com o mesmo comportamento de distribuição, porém, com temperaturas menos elevadas.

Verifica-se, neste caso, que a técnica de solarização promoveu um aumento de temperatura de cerca de 10°C, ilustrando a eficácia do método para aquecer, além da superfície, as camadas mais profundas do solo.

Figura 1 - Temperaturas do solo “solarizado” (linha contínua) e “não solarizado” (linha tracejada) na profundidade de 10 cm, no município de Jaguariúna-SP em dezembro de 1997.



Fonte: GHINI, 1997.

Para uma maior eficiência do método é necessário um maior tempo de aplicação, para que altas temperaturas sejam atingidas e, como consequência, a eliminação dos microorganismos patogênicos, inclusive aqueles que se localizam em camadas mais profundas do solo. Conforme aumenta a profundidade do solo, atingem-se temperaturas mais baixas, com menor efeito letal, ou seja, alguns patógenos não são mortos. Porém este método permite o controle de doenças nos cultivos quando a energia térmica acumulada não é eficaz para controlar o agente patógeno, por exemplo, devido à alta profundidade do solo ou em climas desfavoráveis à aplicação da técnica de solarização (GHINI, 1997).

O aumento da temperatura pelo processo de solarização colabora para uma maior produtividade agrícola. Experimentos realizados no Brasil constataram que com a aplicação do método houve uma redução na população de plantas daninhas durante meses de aplicação dessa técnica, comprovando a eficiência da solarização no controle de patógenos, sejam bactérias ou plantas daninhas (PATRÍCIO et al., 2005).

Quando as temperaturas são muito baixas durante o processo de solarização, se comparadas ao processo de vaporização (aquecimento artificial), os efeitos são menos drásticos nos componentes bióticos do solo. Já quando o solo recebe altas temperaturas, formam-se espaços estéreis conhecidos como “vácuos biológicos”. Durante a solarização, geralmente, os organismos que consomem substâncias orgânicas em decomposição, denominadas saprófitos, se tornam competitivos dos patógenos de plantas, por tolerarem mais

o calor induzido pelo filtro transparente. Sendo assim, ocorre uma alteração na microbiota contra os agentes patógenos em favorecimento dos saprófitos.

Devido às dificuldades do agricultor em acompanhar a temperatura do solo ou controlar a população do patógeno, durante a técnica de solarização, a presença de plantas daninhas torna-se um ótimo indicador da eficiência da técnica, em que a presença de plantas daninhas representa, em geral, que as temperaturas atingidas não foram suficientes para um controle satisfatório, pois a ausência ou presença em minoria de comunidades invasoras, expressa que a técnica foi bem-sucedida.

Ghini (1997), traz como um dos principais tratamentos de solo a técnica de solarização, que é indicada para as estações do ano de maior incidência solar, ou seja, na primavera e verão, com o solo úmido, o qual permite uma melhor germinação de estruturas resistentes aos patógenos, por maior sensibilidade à temperatura e microrganismos benéficos no processo, garantindo a eficiência da técnica em favorecimento da planta cultivada, por último indica o tamanho da área, que não pode ser em faixas restritas, pois há a possibilidade do inóculo presente na faixa não tratada afetar a faixa de solarização, isso porque nas bordas da área solarizada, a temperatura é menor por perda de calor com a área sem o plástico, fazendo com que patógenos sobrevivam.

A solarização pode ser aplicada antes da construção dos canteiros, para tratar o solo previamente. Ghini (1997) também indica como características essenciais para o correto tratamento o tipo de cobertura. O filme plástico utilizado com melhor eficiência é o transparente por conta de a radiação solar atravessar a lona, favorecendo o efeito estufa com o aumento de temperatura. Os filmes de outras cores, inclusive preto, não são tão eficientes na elevação da temperatura. Quanto à espessura do filme, influenciará diretamente na durabilidade e custo da técnica, pois plásticos mais espessos são mais caros, porém podem ser reutilizados com maior frequência.

A técnica de solarização é globalmente eficiente para controle de fitopatógenos, desde 1970. Inicialmente foi utilizada para desinfestação de solos e substrato antes de semear as culturas, e a partir daí teve bons resultados em vários países, tais como Estados Unidos, Japão, Itália, Egito, inclusive Brasil. No entanto, no Estado do Rio Grande do Sul há poucos trabalhos publicados, sendo assim, é necessário definir melhor o tempo de solarização adequado a ser aplicado para controle de plantas daninhas mais comuns na região (GHINI, 1997).

O aumento da temperatura proporciona maior volatilização das substâncias tóxicas oriundas da decomposição da matéria orgânica. A matéria orgânica incrementada no solo, por sua vez, tem a função de proporcionar a produção de substâncias tóxicas aos fitopatógenos. A elevação da temperatura causa a morte dos órgãos reprodutivos de espécies de plantas daninhas e a morte de organismos indesejáveis do solo, através da cobertura do solo com lona de plástico transparente nas horas mais quentes do dia (PUHL, 2013).

2.4 MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES DO SOLO

Existem diversos equipamentos para medição de temperatura do solo, sejam geotermômetros, geotermógrafos e termopares enterrados em distintas profundidades para se obter temperaturas do solo mais precisas continuamente, por se tratarem de equipamentos eletrônicos com sensores específicos (SEBEN et al 2011).

A variação de resistência elétrica desses sensores é muito vasta, visto que existem diversos elementos sensitivos que facilitam a obtenção de uma medida ampla e de boa resolução. Os sensores eletrônicos têm as funções alocadas no mesmo conjunto, de modo integrado. Entre os sensores mais utilizados está o modelo PT100, composto de platina, com resistência $R_0 = 100 \Omega$ em $T_0 = 0^\circ\text{C}$. O intervalo fundamental para comparação entre sensores costuma ser entre 0°C e 100°C (SCHNEIDER, 2010). O princípio de funcionamento dos sensores elétricos se torna melhor exemplificado no termômetro digital, numa versão que não exige contato físico do objeto, em que se mede a temperatura e o termômetro (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006).

A faixa de operação e os limites de erro dependem muito das propriedades do sensor utilizado. Os modelos mais simples de termômetros digitais apresentam baixo peso e eliminam possíveis erros de medição por conta de falha humana. Outro exemplo é a utilização de sensores de temperatura utilizados na medicina, no qual a precisão é de um décimo de grau, e a temperatura do paciente é aferida com um décimo de tempo de um termômetro clássico (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006).

Atualmente, o uso de tecnologias tem proporcionado o avanço nas mais diversas áreas, inclusive da agricultura. O uso de sensores eletrônicos na produção agrícola permite realizar o monitoramento e controle das condições ambientais. Sendo assim, torna-se possível executar atividades de sensoriamento, coleta, monitoramento, transmissão e processamento de informações (ALCANTUD; ROSA, 2017).

Uma das finalidades da utilização de sensores na agricultura é integrar um conjunto de tecnologias para otimizar a forma de cultivo convencional de acordo com as condições locais. Busca-se atingir a máxima produtividade agrícola ocasionando danos ambientais mínimos, devido à utilização adequada dos recursos, como insumos e fertilizantes (ALCANTUD; ROSA, 2017).

3 MATERIAS E MÉTODOS

A solarização foi aplicada em uma unidade experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo, cujas características geográficas são: altitude média de 211 metros, coordenadas 28°08' S e 54°44' W, no qual o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (SANTOS, et al., 2018). Verifica-se na tabela 1 os equipamentos utilizados durante o experimento. O experimento iniciou-se no dia 13/01/2019 até 23/02/2019.

Tabela 1 - Equipamentos utilizados na realização do experimento.

Quantidade	Equipamentos
1	<i>Field Logger Novus</i>
2	Estaca de 1 m de comprimento
8	Sensor termopar tipo K
1	Lona de polietileno (6x6 m)
1	Cabo de extensão (50 m)

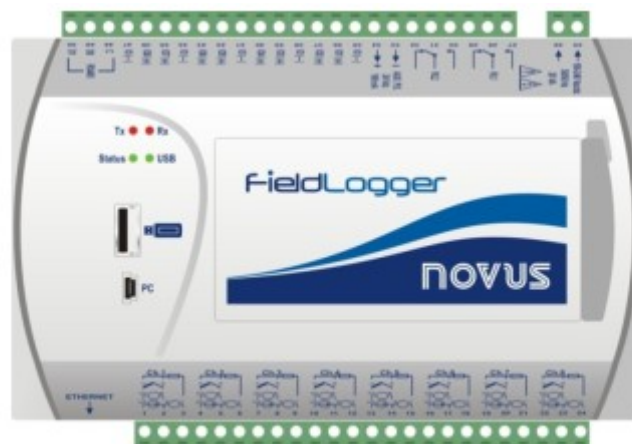
Fonte: Autoria própria, 2019.

Antes da aplicação do filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) transparente de 100 micras (μm), realizou-se a irrigação da área, para o aumento da umidade, com intuito de aumentar a condutividade térmica do solo e estimular a germinação de propágulos de plantas daninhas, tornando-os mais sensíveis aos mecanismos de controle. Após o término da irrigação, o filme plástico foi disposto sobre a área, com as bordas enterradas em sulcos, de modo que permaneçam vedadas.

Com o auxílio de um registrador de dados foi possível realizar as medições das temperaturas em diferentes profundidades. O equipamento que acompanhou o presente estudo foi o FieldLogger 512k Interface RS485, Ethernet e USB, um módulo de leitura e registro de variáveis analógicas e digitais. Trata-se de um equipamento de alto desempenho e alta conectividade. Possui 8 entradas analógicas configuráveis por software para sinais de tensão, corrente, termopares, PT100 e PT1000. Dispõe ainda de 2 saídas a relé e 8 portas digitais individualmente configuráveis como entrada ou saída. Sua interface RS485 opera com o protocolo Modbus RTU e pode ser configurada como mestre ou escravo, o que permite a aquisição de até 64 canais externos para registro. Tem uma interface Ethernet que permite o acesso ao equipamento por navegador (HTTP), FTP (cliente e servidor), envio de e-mails (SMTP), SNMP e Modbus TCP. Possui uma interface USB para conectar a um computador

(configuração, monitoramento ou coleta) e outra para conectar um pen drive (coleta). Com memória básica para 512k registros, permite ainda expansão por cartão SD. Os sensores de temperatura utilizados serão termopares tipo K. Na figura 2 observa-se o equipamento utilizado para as medições de temperatura no solo, o qual foi configurado como entrada de dados, de modo a registrar e armazenar continuamente os resultados experimentais na memória interna do DataLogger, verificando as variações de temperatura ao longo do dia e da noite, por determinado período de tempo.

Figura 2 - FieldLogger 512k - Interface RS485, Ethernet e USB.



Fonte: Manual FieldLogger Novus.

Foram utilizados oito sensores, sendo quatro direcionados para a área experimental de aplicação do método de solarização, e os demais para a área não solarizada, com o auxílio de duas estacas, como pode ser observado na Figura 3, ambos com profundidades de 0 cm (superfície do solo), 10 cm, 25 cm, e 40 cm, no qual os mesmos foram enterrados no solo e coberto de terra, por um período de trinta e três dias. O tamanho da área escolhida foi de 4x4, a estada foi enterrada bem no meio da área que foi aplicada a solarização.

Figura 3 - Sensores do tipo K instalados na estaca.



Fonte: Autorial própria, 2019.

Os termopares foram conectados a oito portas analógicas do equipamento, dispostos de forma a medir a temperatura em diferentes profundidades do terreno experimental previamente preparado. Serão configurados como entrada de dados, de modo a registrar continuamente, verificando as variações de temperatura ao longo do dia e a noite, por determinado período de tempo. A figura 4 mostra uma das estacas com sensores em profundidades diferentes para medir a temperatura do solo.

Figura 4 - Estaca com sensores em profundidades diferentes para medir a temperatura do solo.



Fonte: Autorial própria, 2019.

A figura 5 mostra a área do experimento coberto com o filme de polietileno, preparada para iniciar a aplicação do método de solarização e coleta de dados experimentais para verificação das temperaturas do solo.

Figura 5 - Área experimental coberta com filme de polietileno.



Fonte: Autorial própria, 2019

3.1 CALIBRAÇÃO DOS TERMOPARES

Os termopares foram calibrados com a metodologia de referência descrita pela NBR 14610, elaborada pelo Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos, no qual utilizou-se como instrumento-padrão o sensor de temperatura DS18B20, um componente

eletrônico digital que realiza a medição através da placa Arduino, oferecendo dados com confiabilidade e precisão.

Foram utilizados os seguintes equipamentos para a calibração dos sensores:

- a) 8 sensores tipo k (termopar)
- b) 1 sensor de referência temperatura DS 18B20 (instrumento-padrão)
- c) 1 Field Logger Novus
- d) 1 garrafa térmica
- e) Água com temperatura de 10°C á 50°C (meio térmico)

A sequência da medição foi feita da seguinte maneira:

A medição foi iniciada quando o meio térmico manteve-se estável, a partir disso mede-se os valores registrados pelo instrumento-padrão anotando-os. O mesmo procedimento é feito para o instrumento de calibração (termopares). Por fim o procedimento é repetido sequencialmente em triplicata.

3.2 REGRESSÃO LINEAR

Após a realização do experimento e obtenção dos dados, utilizou-se de métodos estatísticos para obter correlações que estimam a temperatura do solo, nas diferentes profundidades. Utilizou-se os dados médios diários medidos para a temperatura do solo. O modelo linear é obtido a partir do software estatístico RStudio. As correlações são obtidas utilizando o método de regressão linear, aplicando a Equação 1.

$$T_s = \alpha + \beta T_{ar} \quad (1)$$

Na equação 1, o parâmetro T_s representa a temperatura do solo. Os coeficientes β e α são parâmetros do modelo, obtidos estatisticamente, e T_{ar} denota a temperatura do ar.

O software faz uma estimativa dos coeficientes linear e angular que melhor representam a linearização dos pontos experimentais, ajusta uma reta para os mesmos e informa o coeficiente de determinação ajustado (R^2), ou seja, o grau de ajuste da regressão em relação aos dados amostrais. Foram consideradas as médias diárias das temperaturas do solo obtidas nos trinta e três dias de experimento e as respectivas temperaturas do ar, provenientes dos registros da Estação Meteorológica Automática da UFFS campus Cerro Largo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de trinta e três dias foi analisado a variação da temperatura do solo, nas diferentes profundidades. Após o final do período de avaliação, os dados foram coletados. Assim, obteve-se valores de temperaturas do solo ao longo do dia em cada sensor e, com os mesmos foi calculada uma média, desvio-padrão, mediana e as temperaturas mínima e máxima, para cada profundidade e para cada área experimental, como pode ser visualizado nos quadros 1 e 2.

A média (\bar{x}) foi obtida através da soma de todas as temperaturas coletadas durante o período do experimento, e logo dividido pelo número total deles. Já a mediana foi calculada através do valor que ocupa a posição central das temperaturas coletadas no experimento. Caso o número de dados seja ímpar a mediana sempre vai ser o valor que ocupa a posição central dos dados ordenados. O desvio padrão foi calculado através da média aritmética, que é representado matematicamente por σ . Para obter os dados do quadro 1 temperaturas mínima e máxima, foi escolhido para cada profundidade diferentes, a maior e menor temperatura durante o período do experimento.

A partir do monitoramento de temperaturas durante o período experimental, foi verificado uma temperatura máxima de 33,34 °C na superfície do solo que não recebeu a cobertura de polietileno, enquanto que a máxima obtida na superfície do solo solarizado foi de 36,72 °C. As temperaturas máximas atingidas para as demais profundidades podem ser visualizadas nos quadros 1 e 2, para a área não-solarizada e para o local que recebeu a solarização, respectivamente, bem como as mínimas, medianas, médias e seus referentes desvios-padrão, ocorrendo variações poucos significativas entre as áreas experimentais.

Quadro 1 - Resultados estatísticos do monitoramento da área não-solarizada.

Profundidade (cm)	Temperatura (°C)			
	Mínima	Máxima	Mediana	Média ± Desvio-padrão
0	20,01	33,34	29,00	28,33 ± 3,05
10	20,40	32,99	28,62	28,07 ± 2,57
25	20,90	31,59	28,81	27,99 ± 2,39
40	21,30	31,47	28,59	27,83 ± 2,37

Fonte: Autoria própria, 2019.

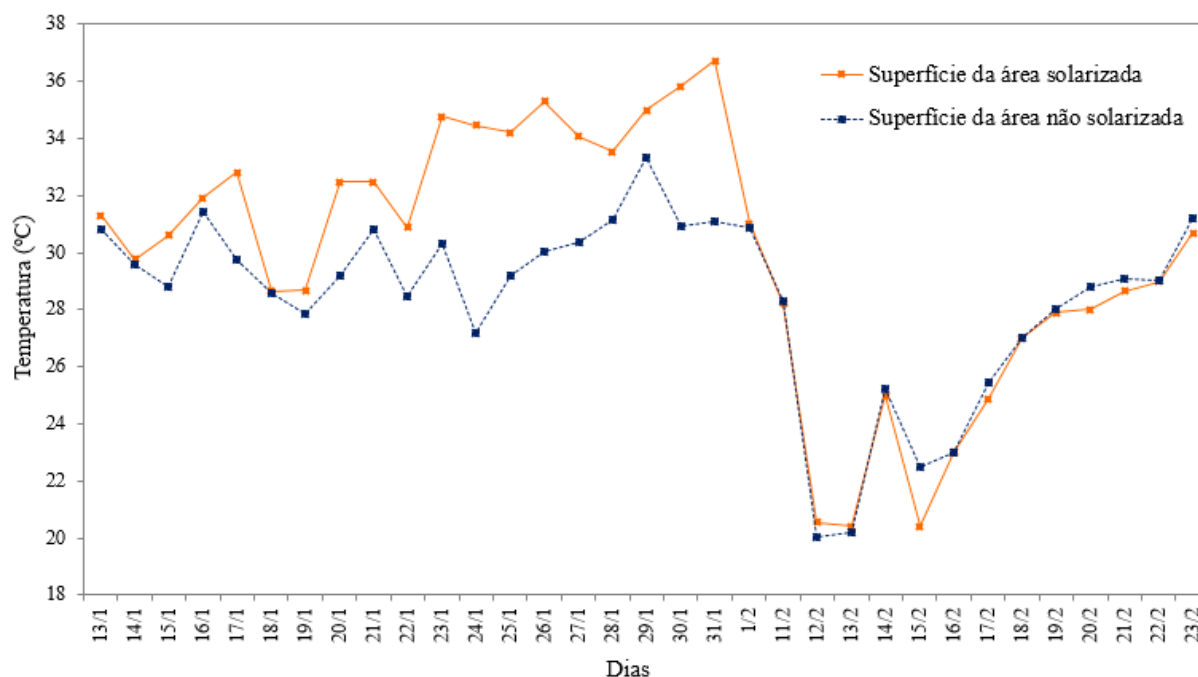
Quadro 2 - Resultados estatísticos do monitoramento da área solarizada.

Profundidade (cm)	Temperatura (°C)			
	Mínima	Máxima	Mediana	Média ± Desvio-padrão
0	20,40	36,72	30,66	29,94 ± 4,10
10	20,70	36,68	29,32	29,20 ± 4,00
25	20,10	33,59	29,56	28,63 ± 3,50
40	20,00	33,03	28,78	28,19 ± 3,02

Fonte: Autores, 2019.

Para uma visualização geral dos resultados, a Figura 6 ilustra o comportamento da temperatura média do solo ao longo dos dias monitorados, período de 13/01/2019 a 01/02/2019, e de 11/02/2019 a 23/02/2019 no qual a linha contínua representa as temperaturas registrada na área solarizada, enquanto a linhas tracejada indica os resultados na área que não recebeu solarização, ilustrando a variação de temperatura obtida com a cobertura de polietileno em comparação com os valores obtidos na ausência da mesma.

Figura 6 - Temperatura média do solo durante o período de monitoramento.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Na figura 6 podemos observar que entre o dia 01/02/2019 até 11/02/2019 teve um decaimento nos pontos do gráfico, pois foi um período em que o experimento foi pausado.

De acordo com Kuva et al. (1995), o solo úmido conduz melhor o calor em profundidade e faz com que os propágulos de plantas daninhas fiquem mais vulneráveis. A cobertura do solo associada a alta umidade do solo, potencializa os efeitos da solarização, pois aumenta a condutividade térmica do solo, permitindo o aquecimento das camadas mais profundas e aumenta a sensibilidade das sementes à altas temperaturas.

Além disso, a própria barreira física que o plástico representa promove alterações na atmosfera do solo quanto ao balanço entre e quanto à manutenção de compostos voláteis sob a cobertura que podem afetar a germinação de sementes (KUYA,1995; SIMÕES et al., 2011), fato que foi perceptível no período em que o solo foi mantido sem cobertura.

4.1 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO DOS MICROORGANISMOS

Conforme Moreira & Siqueira (2006), além de afetar as reações fisiológicas, a temperatura influencia também nas características físico-químicas do solo que influenciam o ambiente de crescimento dos microorganismos. As reações microbianas no solo ocorrem em maior intensidade em temperaturas em torno de 28°C e apresentam limitações de desenvolvimento em temperaturas menores que 25 e maiores que 35°C. Esses autores também mencionam que, de acordo com a faixa ótima de temperatura o crescimento e atividade, os microorganismos podem ser divididos em: criófilos ou psicrofilos (menores que 20°C), mesófilos (entre 20 e 40°C) e termófilos (superiores a 40°C). Contudo, para desenvolverem-se, as plantas daninhas dependem, além das condições de temperaturas mencionadas, de nutrientes, umidade e pH adequados e variam de acordo com as características do solo.

Portanto, os resultados demonstram que as temperaturas registradas sob o filme de polietileno neste experimento não foram suficientemente satisfatórias para a eliminação de microorganismos patogênicos e efetivação da proposta de tratamento do solo, fato resultante da pouca elevação das temperaturas, decorrente de possíveis perdas de calor através do filme de polietileno, além de condições atmosféricas desfavoráveis durante o período. A Estação Meteorológica Automática da UFFS

registrou um acúmulo de 308,2 mm de precipitação nos trinta e três dias de estudo, assim, as frequentes chuvas dificultaram o alcance de maiores temperaturas no solo.

4.2 CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS PARA A TEMPERATURA DO SOLO

Conforme os gráficos 7 e 8 de regressão linear, pode-se perceber a influência da temperatura do solo em função da temperatura do ar, que possuem uma relação linearmente dependente e positiva, apresentando coeficientes de determinação (R^2) entre 0,5 e 0,61 para o solo não solarizado. Enquanto que para o solo com aplicação da solarização obteve-se R^2 entre 0,36 e 0,63. A partir da observação da dispersão dos pontos experimentais nos gráficos e dos coeficientes de determinação nota-se que a relação entre as variáveis não pode ser considerada forte, uma vez que o R^2 na maioria dos casos não apresenta-se tão próximo a 1, como seria o modelo linear ideal.

As correlações obtidas a partir do ajuste linear dos dados experimentais estão apresentadas nas equações 2 a 9. As figuras 7 e 8 ilustram, para cada profundidade do solo, o comportamento linear, a reta de ajuste do modelo de regressão, juntamente com a correlação resultante e seu coeficiente de determinação (R^2). De acordo com Sell (2015), o coeficiente de determinação R^2 ajustado exibe uma medida do grau de ajustamento da equação de regressão aos dados amostrais. Pode ser interpretado como a proporção da variabilidade que pode ser estimada pela equação da regressão. Um ajuste perfeito resulta em $R^2 = 1$, um ajuste muito bom acarreta um valor próximo de 1 e um ajuste fraco ocasiona um valor de R^2 próximo de zero.

Correlações obtidas para o solo não solarizado:

$$T_{s0} = 5,92 + 0,86 T_{ar} \quad (2)$$

$$T_{s10} = 10,07 + 0,68 T_{ar} \quad (3)$$

$$T_{s25} = 10,78 + 0,66 T_{ar} \quad (4)$$

$$T_{s40} = 12,21 + 0,60 T_{ar} \quad (5)$$

Correlações obtidas para o solo solarizado:

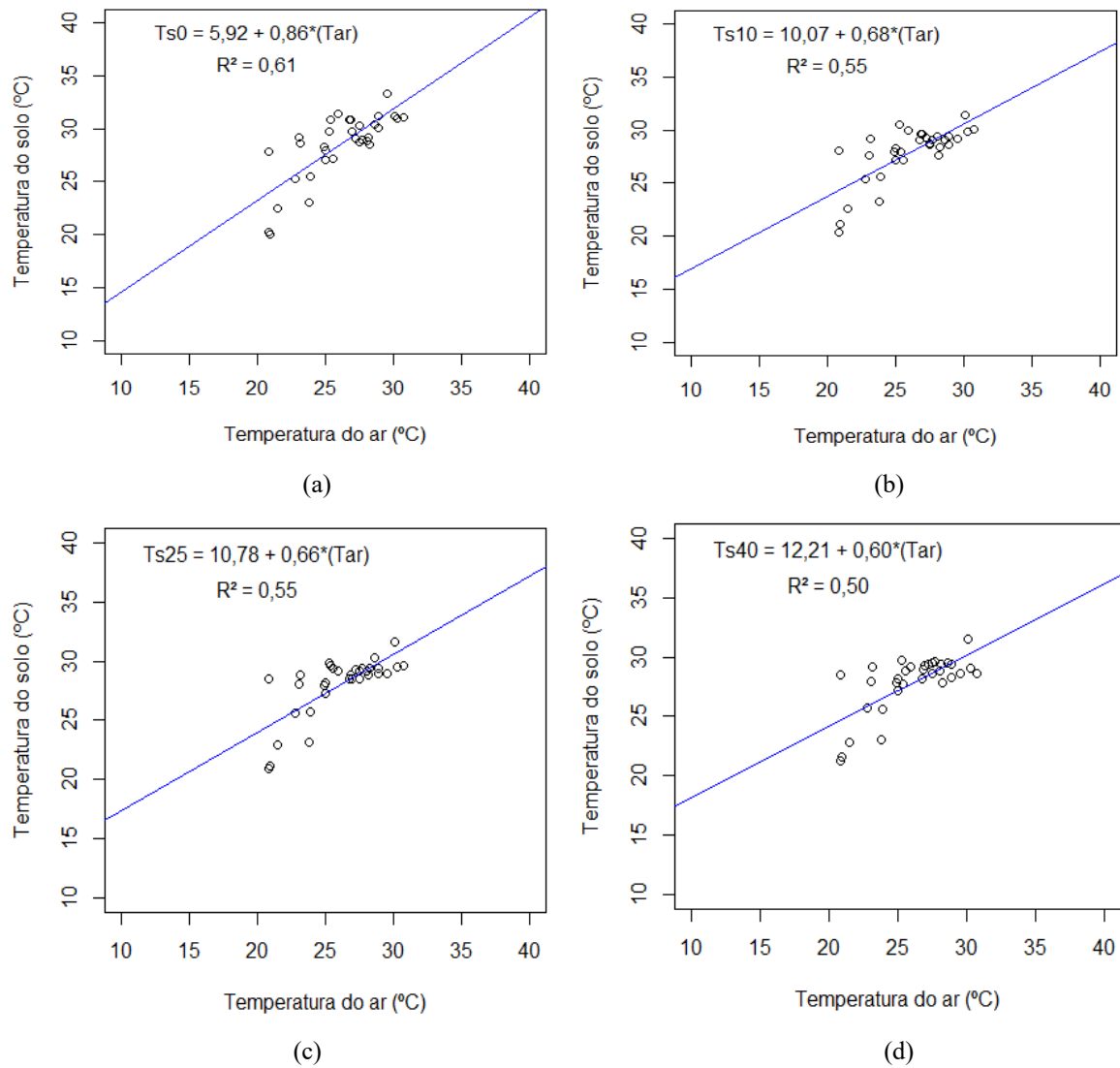
$$T_{s0} = -2,447 + 1,244 T_{ar} \quad (6)$$

$$T_{s10} = -1,670 + 1,176 T_{ar} \quad (7)$$

$$T_{s25} = 4,427 + 0,929 T_{ar} \quad (8)$$

$$T_{s40} = 11,201 + 0,656 T_{ar} \quad (9)$$

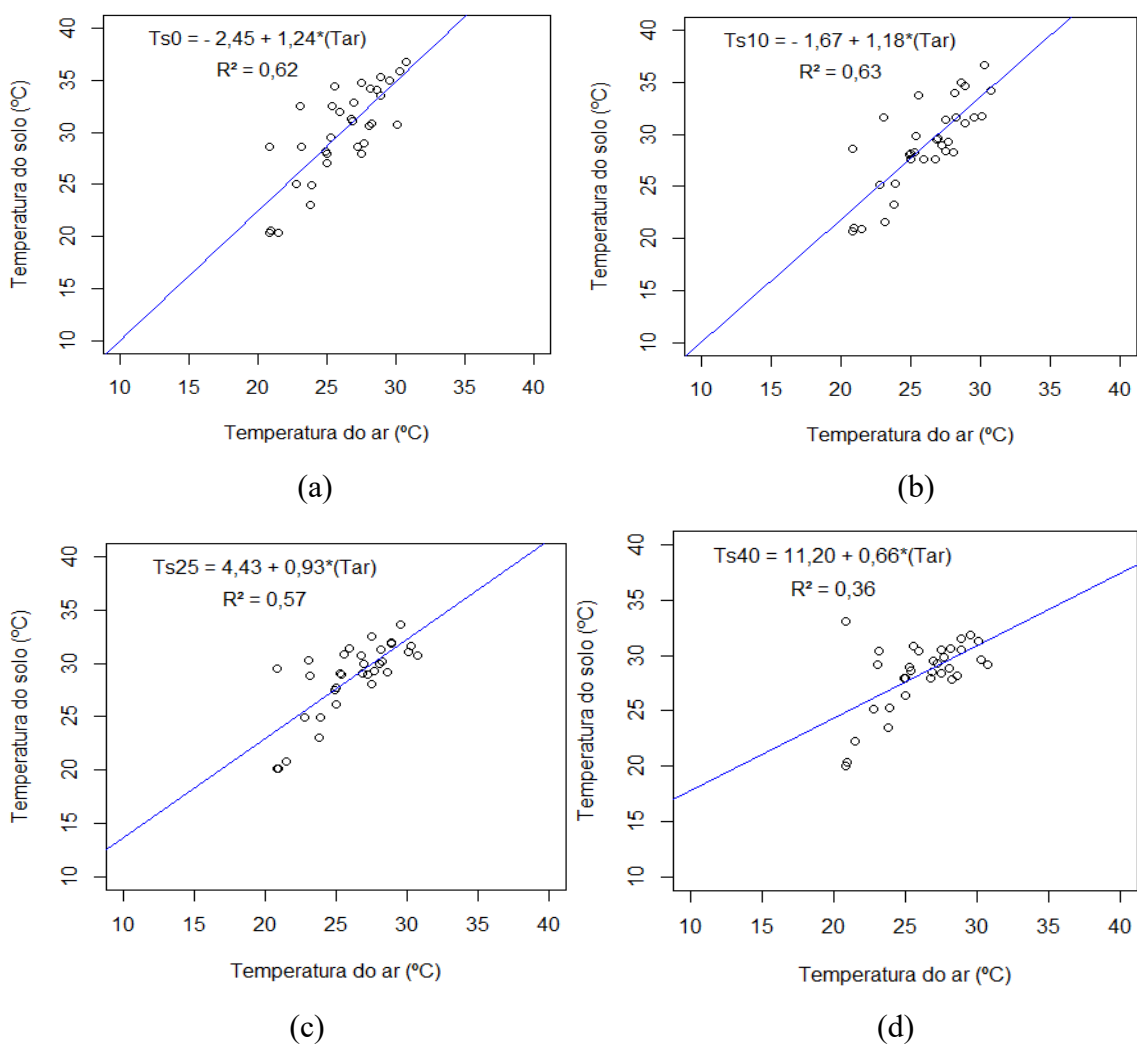
Figura 7 - Correlação para a superfície, área não solarizada.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

O coeficiente de determinação para a área que não recebeu solarização variou entre 0,61 e 0,50, para a superfície do solo e para a profundidade de 40 cm, respectivamente. Constatou-se, dessa maneira, que a influência da temperatura do ar ocorre com maior intensidade para a superfície do solo e diminui nas camadas posteriores.

Figura 8 - Correlação para a superfície, área solarizada.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

Para o solo onde foi aplicado a solarização, o coeficiente de determinação variou entre 0,63 e 0,36, para a profundidade de 10 e 40 cm, respectivamente. A dificuldade de obter um coeficiente de determinação mais elevado pode ser justificada pela presença de outliers, que tendem a distorcer o valor da média e, conseqüentemente, o valor de R^2 e as estimativas dos valores. Isto pode ser

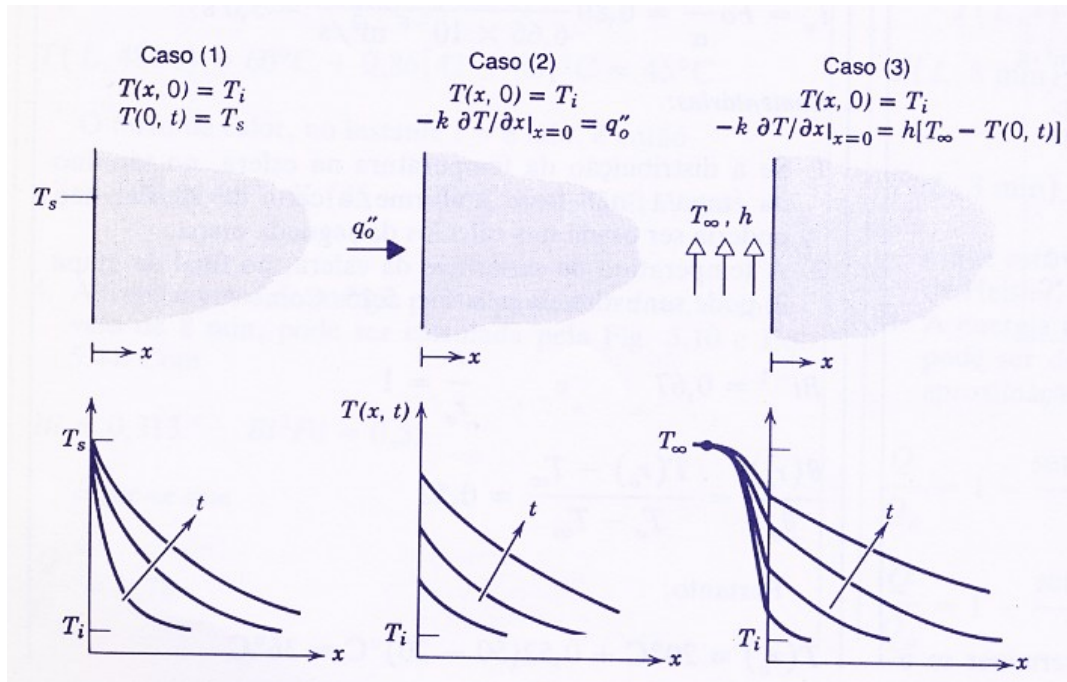
identificado nos gráficos, onde verifica-se que há pontos que se encontram muito distante dos demais.

Segundo Ahmad e Rasul (2008), nos períodos mais secos o solo é menos resistente à penetração de calor em comparação com o solo molhado. Assim, a insolação recebida aquece o solo simultaneamente. Também pode ser notado que o calor específico do solo seco é menor do que o solo úmido. Portanto, a troca de calor entre o ar e o solo é muito mais rápida. Isso pode explicar a dificuldade de elevação das temperaturas e dos coeficientes de determinação no presente estudo, visto que no período experimental foi frequente a ocorrência de chuvas.

Para estudos de transferência de calor, o solo é considerado uma superfície sólida semi-infinita. Segundo Incropera et al. (2014), este sólido estende-se ao infinito em todas as direções, com exceção de uma, caracterizando-se por uma única superfície identificável. Quando este é submetido a uma mudança de temperatura, ocorre uma condução de calor unidimensional transiente no interior do sólido. Considerando o estudo da condução de calor no solo, o sólido semi-infinito fornece uma aproximação razoável para a porção inicial do transiente, durante a qual as temperaturas nas camadas mais profundas do solo, ou seja, em pontos distantes da superfície, não estão significativamente influenciadas pela mudança nas condições superficiais.

Observa-se na Figura 9, três casos de distribuição transiente de temperaturas ao longo de um sólido semi-infinito. No caso em estudo, o solo apresenta as condições ilustradas nos casos 2 e 3, tendo em vista que a irradiação solar atua como um fluxo térmico constante sobre a superfície do mesmo (Caso 2), além da influência da temperatura do ar realizando trocas térmicas com o solo por meio de convecção (Caso 3).

Figura 9 - Distribuições transientes de temperaturas em um sólido semi-infinito para três condições na superfície: temperatura na superfície constante, fluxo térmico na superfície constante e convecção na superfície.



Fonte: INCROPERA et al., 2014.

Assim, as temperaturas resultantes em cada profundidade do solo dependem tanto da temperatura do ar quanto do seu coeficiente convectivo e também da irradiação total que atinge a superfície. Porém, a determinação da temperatura do solo em função da temperatura do ar facilita a utilização cotidiana das correlações, tendo em vista a dificuldade de conhecer o coeficiente convectivo e a irradiação solar sem o auxílio dos cálculos e dos equipamentos de medição ou Estação Meteorológica. Todavia, essa simplificação pode comprometer o modelo ajustado, reduzindo o coeficiente de determinação e consequentemente, a qualidade da estimativa pretendida.

5 CONCLUSÃO

A solarização do solo é um método eficaz no combate a planta daninhas e doenças que estão vinculadas ao solo, a energia solar que é usada para a desinfestação do solo, pela solarização com o auxílio da lona de polietileno, mostrou-se eficaz durante o experimento. Sendo assim, a solarização é uma técnica que traz benefícios e melhorias para o solo e também ao cultivos produtivos rurais, com um desenvolvimento socioeconômico e ambiental, portanto, a solarização pode se apresentar como um método viável e eficiente para o combate das plantas daninhas.

A partir dos resultados, conclui-se que a solarização pode ser considerada viável para o tratamento de áreas agrícolas na região de estudo, uma vez que houve um aumento na temperatura do solo em todas as profundidades monitoradas. Porém, acredita-se que resultados mais vantajosos seriam obtidos com um período mais longo de aplicação da técnica, além de uma área experimental mais extensa, que pode colaborar com um maior acúmulo de calor entre a superfície do terreno e o filme de polietileno.

As estimativas de temperatura do solo a partir de regressão linear são consideradas aceitáveis, pois é possível observar graficamente um comportamento linear nos dados. Poderia ainda ser acrescentando nas correlações a irradiação solar, para beneficiar a estimativa final. Com isso para elevar os coeficientes de determinação é necessário um tratamento dos dados, realizando uma análise detalhada dos valores outliers e remoção dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M. F., RASUL, G. Prediction of soil temperature by air temperature: a case study for Faisalabad. **Pakistan Journal of Meteorology**, v. 5, jul. 2008.
- ALCANTUD, M. B., ROSA, P. R. **Aplicação de redes de sensores sem fio na agricultura de precisão: uma reflexão teórica**. Colloquium Exactarum, v. 9, n. especial, jul–dez, 2017, p. 36- 41.
- ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar, **Sinergia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311-318, out./dez. 2014.
- BEDENDO, I.P. Doenças vasculares. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (eds.). Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. v.1, 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. cap. 44. p. 839-843.
- FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; NEVES, J. L.; JÚLIO L. de.; FILHO J. S.. Manejo integrado de plantas daninhas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 48 p.— Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 103) 1. Planta daninha - manejo. 2. Impacto ambiental. 3. Agricultura sustentável. I. Neves, Jonas Lopes. II. Título. III.
- FURLANI, C. E. A. et al. 2008. **Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno**. R. Bras. Ci. Solo.
- GAMLIEL, A.; AUSTERWEIL, M.; KRITZMAN, G. Non-chemical approach to soilborne pest management organic amendments. Crop Prot. 19, p. 847-853, 2000.
- GHINI, R. Embrapa. **Desinfecção do solo com o uso de energia solar: Solarização e Coletor Solar**, 1997, 30 p.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 672 p.
- KANAAN, H.; FRENK, S.; RAVIV, M.; MEDINA, S.; MINZ, D. Long and short term effects of solarization on soil microbiome and agricultural production. Applied Soil Ecology, n. 124, p. 54-61, 2018.
- KATAN, J. 2007. **A new approach to soil solarization: Addition of biochar to the effect of soil temperature and quality and yield parameters of lettuce (Lactuca Sativa L. Duna)**.
- LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 6. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2006. 339 p.

MICHEREFF, S.J.; PERUCH, L.A.M.; ANDRADE, D.E.G.T. Manejo sustentável de doenças radiculares em solos tropicais. In: MICHEREFF, S.J.; BARROS, R. (ed.). Proteção de plantas na agricultura sustentável. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2001. p.15-69.

MONTGMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para Engenheiros**. Vol. 3, editor LTC (2009).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica no solo**: Editora UFLA, 2. ed, 2006, 729P.

PATRÍCIO, et al. 2005. **Avaliação da Solarização do Solo para o Controle de *Ralstonia Solanacearum***.

PITELLI, R. A. Competição e Controle das Plantas Daninhas em áreas Agrícolas. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.4, n.12, p. 1 – 24, Set. 1987.

PIRES, Denise Prazeres Lopes; AFONSO, Júlio Carlos; CHAVES, Francisco Artur Braun. **A termometria nos séculos XIX e XX**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 101-114, 2006.

PUHL, A. L. UFFS. Programa de Pós-Graduação Desenvolvimento Rural Sustentável e Agricultura Familiar. 2013. **Solarização do solo para controle alternativo de plantas daninhas**.

RANDIG, O. MEDEIROS, C. A. B. SPERANDIO, C. A. 2001. **Efeito da desinfecção do solo pelo uso da energia solar sobre fungos *Micorrízicos arbusculares***.

RICE, E.L. Allelopathy. 2 ed., New York, Academic Press, 1984, 368 p.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). 5. ed. Brasília,DF: Embrapa, 590 p., 2018.

SANTOS, M. A. D. et al. **Variação da temperatura do solo em cultivo de milho sobre diferentes coberturas**. In: **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Anais eletrônicos. Belém: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2008. 5p.

SCHNEIDER, P. S. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Engenharia Mecânica. 2010. **Termometria e Psicrometria**.

SEBEN et al. Espaço científico. 2011. **Avaliação da temperatura do solo em três profundidades, sobre diferentes coberturas vegetais em latossolo amarelo muito argiloso do oeste paraense**.

SILVA M. G.; SHARMA R. D.; JUNQUEIRA A. M. R.; OLIVEIRA C. M. Efeito da solarização, adubação química e orgânica no Controle de nematóides em alface sob cultivo protegido. Horticultura Brasileira 24: p. 489-494, 2006.

SOARES, F.C.A.; COUTINHO, C.A.; BRITO, S.A.; SANTOS, P.A.dos; LARANJEIRA, F.F.; LEDO, A.C. Controle da murcha bacteriana do tomateiro com incorporação de matéria

orgânica de guandu e crotalária ao solo. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 29, ago, p.243. 2004.

STAPLETON, J. J., 2000. **Soil solarization in various agricultural production systems.**

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 1991. 449p.

ZANATTA, J. F.; FIGUEIREDO, S.; FONTANA, L. C.; PROCÓPIO, S. O. Interferência de plantas daninhas em culturas olerícolas. *Revista da FZVA, Uruguaiana*, v. 13, n. 2, p. 39-57, 2006.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F.X.R. do. Controle químico de doenças de hortaliças no contexto do manejo integrado. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). *Manejo integrado: doenças, pragas e plantas daninhas.* Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2000. p. 387-415.