

Universidade Estadual do Norte do Paraná

Repositório Institucional UENP

<https://repositorio.uenp.edu.br>

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Dissertações

2016-04-26

Georreferenciada de condições climáticas em pulverizações agrícolas

Marubayashi, Rodrigo Yudi Palhaci

Universidade Estadual do Norte do Paraná

MARUBAYSHI, Rodrigo Yudi Palhaci. Georreferenciada de condições climáticas em pulverizações agrícolas. Orientador: Rone Batista de Oliveira. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2016.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/463>

Baixado de Repositório Institucional UENP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RODRIGO YUDI PALHACI MARUBAYASHI

EQUIPAMENTO ALTERNATIVO PARA AQUISIÇÃO
GEORREFERENCIADA DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM
PULVERIZAÇÕES AGRÍCOLAS

BANDEIRANTES - PR, BRASIL

2016

RODRIGO YUDI PALHACI MARUBAYASHI

**EQUIPAMENTO ALTERNATIVO PARA AQUISIÇÃO
GEORREFERENCIADA DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM
PULVERIZAÇÕES AGRÍCOLAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado
em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte
do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira

BANDEIRANTES - PR, BRASIL

2016

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca
Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M389e Marubayashi, Rodrigo Yudi Palhaci.

Equipamento alternativo para aquisição georreferenciada de condições climáticas em pulverizações agrícolas / Rodrigo Yudi Palhaci Marubayashi. – Bandeirantes, 2016.
59 f. : il.

Orientador: Rone Batista de Oliveira.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná (Campus Luiz Meneghel), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Tecnologia de aplicação – Teses. 2. Equipamento de pulverização – Teses. 3. Agricultura de precisão – Teses. I. Oliveira, Rone Batista de. II. Universidade Norte do Paraná (Campus Luiz Meneghel), Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 632.982

GEORREFERENCIADA DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM PULVERIZAÇÕES AGRÍCOLAS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Aprovado em: / /2016

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira	UENP/PR
Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo	UENP/PR
Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab	UEL/PR
Prof. Dr. Eurípedes Bomfim Rodrigues	UENP/PR
Prof. Dr. Marcio Massashiko Hasegawa	UENP/PR

Prof. Dr. Rone Batista de Oliveira
Orientador
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha avó Iokie, meus pais Mario Quiyoshi e Rosa Maria, meu irmão Rafael Heiti e a minha namorada Desirée.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por iluminar e abençoar minhas escolhas e conquistas.

Aos meus pais Mário Quiyoshi e Rosa Maria pelo apoio, compreensão, simplicidade e ensinamentos ao longo da vida.

Aos meus avós Massaro e Iokie por me acolherem no período do cursinho pré-vestibular.

Ao meu irmão Rafael Heiti que sempre esteve presente, mesmo tão longe em Rio Branco/AC, assim como sua esposa Tatiane, com palavras de incentivo e conforto.

A minha namorada Desirée pelo incentivo, carinho, companheirismo e principalmente por sempre acreditar no meu potencial.

Ao professor Dr. Rone Batista de Oliveira pela orientação, amizade e paciência.

Ao professor Marco Antonio Gandolfo pela contribuição no trabalho e amizade.

Ao professor Luiz Carlos Reis pela ajuda na correta alocação da estação meteorológica.

A todos os outros professores e alunos do Curso de Pós-graduação em Agronomia da UENP.

Aos companheiros de mestrado Carlos Eduardo Pinto Lima Graziano que me apresentou ao proprietário do Sítio onde realizamos o trabalho e José Luis Maillut Pires que me ajudou no transporte e montagem da estação meteorológica.

Ao Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos e Máquinas Agrícolas (NITEC) e seus membros.

Ao bolsista do PIBITI Vinicius da Rosa pela ajuda na montagem e programação da “estação Arduino”.

Ao proprietário do Sítio Santo Antônio, pela receptibilidade e interesse no trabalho.

Aos companheiros de república Cai&Pira: Taffaréu, Vinicius Marson, Elisson, Robson, Vinicius Espinoza, Leonardo, Gustavo, Mario, Vinicius Ricioli e João Gabriel, pela agradável convivência e amizade.

As secretárias Sônia e Mariany, pela amizade, conversas e disponibilidade em ajudar.

A CAPES pela bolsa concedida.

MUITO OBRIGADO!

EPIGRAFE

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas, nos auxiliam muito. ”

(Chico Xavier)

BIOGRAFIA

Rodrigo Yudi Palhaci Marubayashi, natural de Bauru/SP, filho de Mario Quiyoshi Marubayashi e Rosa Maria Palhaci Marubayashi, funcionário público da justiça federal e psicóloga, respectivamente, do município de Porto Velho/RO.

Em 2008, ingressou-se no curso de agronomia na Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, onde, durante a graduação foi bolsista da Universidade Sem Fronteiras (USF), graduando-se em 2013.

Em março de 2014, ingressou-se no programa de Pós-Graduação em Agronomia em nível de mestrado no centro de Ciências Agrárias da UENP, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), submetendo-se a defesa em abril de 2016.

MARUBAYASHI, Rodrigo Yudi Palhaci. **EQUIPAMENTO ALTERNATIVO PARA AQUISIÇÃO GEORREFERENCIADA DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM PULVERIZAÇÕES AGRÍCOLAS**. 2016. 59f. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2016.

RESUMO

As variações das condições climáticas no momento das aplicações podem ocasionar perdas nas pulverizações agrícolas. Portanto neste estudo, foi desenvolvido uma metodologia para avaliar a variabilidade espacial, a relação do tempo e da área de ocorrência da temperatura e umidade relativa do ar, coletados de forma automática, georeferenciada e embarcada no pulverizador agrícola, utilizando sensores instalados na parte externa da cabine do trator e na barra de pulverização. A aquisição dos dados foi durante o manejo de dessecação da cultura do trigo, nos dias 26 e 29 de outubro e 8 de novembro do ano de 2015, com frequência de dez segundos. No desenvolvimento da estação foi utilizado um microcontrolador arduino modelo MEGA 2560, dois sensores de temperatura e umidade relativa do ar, modelo SHT 15, módulo de armazenamento através de cartão SD e módulo de GPS. Após a montagem do equipamento foi realizado a programação do microcontrolador, dentro do ambiente de programação próprio do arduino, baseado no ambiente de processamento código aberto e por meio uma linguagem referente a este microcontrolador, simplificação de C. Para embarcar a estação no pulverizador agrícola, foi projetada um *case* com um interruptor liga/desliga, um *cooler* de notebook e um cabo de alimentação do equipamento. A estação foi embarcada na parte externa da cabine do trator, um sensor SHT15 fixado na parte traseira do *case*, o outro sensor SHT15 fixado próximo a barra de pulverização e um cabo de alimentação conectado ao microcontrolador e a bateria do trator. Os dados foram interpolados pela ponderação do inverso do quadrado da distância (IDW) e analisados quanto a variabilidade espacial, frequência de tempo e da área de ocorrência das classes de temperatura (<25°C; 25-30°C; 30-35°C; >35°C) e umidade relativa do ar (<30%; 30-45%; 45-60%; >60%). Os resultados indicam que houve diferença na variabilidade espacial da temperatura e umidade relativa do ar, entre os sensores instalados na parte externa da cabine do trator e na barra de pulverização. O sensor instalado na barra de pulverização apresenta temperaturas inferiores e umidades relativas superiores aos valores obtidos pelo sensor instalado na parte externa da cabine do trator. Em geral, observamos valores crescentes de tempo e área de ocorrência das três classes iniciais de temperatura e umidade relativa do ar em ambos os sensores instalados.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de aplicação. Arduino. Eletrônica embarcada. Agricultura de precisão.

MARUBAYASHI, Rodrigo Yudi Palhaci. **ALTERNATIVE EQUIPMENT GEOREFERENCED ACQUISITION OF WEATHER CONDITIONS IN AGRICULTURAL SPRAYINGS**. 2016. 59f. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2016.

ABSTRACT

Variations in weather conditions in the moment of application can cause losses in agricultural sprays. Therefore, in this study a methodology was developed to evaluate the spatial variability, the relationship of time and area of occurrence of classes of meteorological elements, temperature and relative humidity, collected from automatic, georeferenced and loaded onto the agricultural spray form using sensors installed on the outside of the tractor cab and spray bar. The data acquisition took place during the management of wheat crop desiccation, on 26 and 29 October and 8 November 2015, with 10 s frequency. In developing the station was used a microcontroller Arduino MEGA 2560 model, two temperature sensors and relative humidity, SHT 15 model storage module via SD card and GPS module. After mounting the equipment was performed microcontroller programming within the Arduino own programming environment based on open source computing environment and through a language referring to this microcontroller, C. simplification to board the station in the agricultural sprayer, was designed one case with an on / off switch, a notebook cooler and machine power cord. The station was loaded on the outside of the tractor cab, one SHT15 sensor attached on the back of the case, the other SHT15 sensor attached near the spray bar and a power cord connected to the microcontroller and the tractor battery. The data were interpolated by the inverse distance weighting (IDW) and analyzed for spatial variability, time and frequency of occurrence area of classes temperature (<25 ° C; 25-30 ° C; 30-35 ° C; > 35 ° C) and relative humidity (<30%, 30-45%, 45-60%, > 60%). The results indicate that there were differences in the relative spatial variability of temperature and humidity, between the sensors installed on the outside of the tractor cab and spray bar. The sensor installed in the spray bar shows temperatures and relative humidities higher than the values obtained by the sensor installed on the outside of the tractor cab. In general, we observe increasing amounts of time and area of occurrence of the first three classes of temperature and relative humidity in both installed sensors.

KEY-WORDS: Application technology. Arduino. Precision agriculture. Embedded electronics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Esquema de ligação dos sensores SHT15.	27
Figura 3.2 Máquina pulverizadora (MF275/AD18).	29
Figura 3.3 Estação arduino embarcada na parte externa da cabine do trator e sensor SHT15 fixado na parte traseira do case (A), sensor SHT15 fixado próximo a barra de pulverização (B) e o cabo de alimentação conectado a bateria do trator (C).	29
Figura 3.4 Mapas classificados da distribuição espacial da temperatura do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 26/10/2015.	32
Figura 3.5 Mapas classificados da distribuição espacial da temperatura do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 29/10/2015.	33
Figura 3.6 Mapas classificados da distribuição espacial da temperatura do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 08/11/2015.	35
Figura 3.7 Mapas classificados da distribuição espacial da umidade relativa do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 26/10/2015.	37
Figura 3.8 Mapas classificados da distribuição espacial da umidade relativa do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 29/10/2015.	38
Figura 3.9 Mapas classificados da distribuição espacial da umidade relativa do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 08/11/2015.	40
Figura 3.10 Tempo de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas no sensor instalado na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP).	43
Figura 3.11 Área de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas pelo sensor instalado na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP).	45

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
EPÍGRAFE.....	vi
BIOGRAFIA.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. ELEMENTOS AGROMETEROLÓGICOS E O IMPACTO NA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO.....	14
2.3. AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	22
3. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS PARA EMBARCAR EM PULVERIZADORES AGRÍCOLAS.....	26
3.1. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	46
5. REFERÊNCIAS.....	46
APÊNDICE.....	52

1. INTRODUÇÃO

Não somente a escolha do produto adequado e o conhecimento da melhor técnica de aplicação são fatores decisivos para obter medidas fitossanitárias eficazes, mas igualmente o momento propício à pulverização. Entre as muitas variáveis que o agricultor tem que considerar, no momento de tomar a decisão sobre aplicar o agrotóxico, estão os fatores climáticos.

Por muitos anos o monitoramento das condições climáticas na agricultura deu-se pela aquisição dos dados realizados por estações meteorológicas convencionais, mas pelo desenvolvimento tecnológico estas foram substituídas por estações meteorológicas automáticas que dispensam a interferência humana, proporcionando precisão e maior taxa de amostragem, porém os dados coletados por estas estações representam as condições meteorológicas de forma estática, além de apresentar alto custo de aquisição e não proporcionar uma dinâmica espacial do monitoramento em tempo real dos dados coletados.

Nos pulverizadores atuais, tem-se a opção de adicionar pacotes de eletrônica embarcada, dentre estas, sensores para a aquisição de dados meteorológicos, que possibilitariam ao operador acompanhar em tempo real as variações climáticas durante a pulverização, porém como se trata de tecnologias novas seu custo ainda é alto, portanto, pouco utilizado para esse fim na agricultura.

Na busca de um equipamento que pudesse aliar tanto a função das estações meteorológicas automáticas, que fazem o registro periódico dos dados, quanto as funções da eletrônica embarcada nos pulverizadores, que possibilitam a aquisição dos dados meteorológicos durante o processo de pulverização, concomitantemente a aquisição do posicionamento geográfico, através de sensor GPS, a plataforma arduino se apresenta com enorme versatilidade, podendo associar as necessidades apresentadas a um custo relativamente baixo devido ao seu hardware e software serem livres.

Outro fator importante, é a definição do melhor local no pulverizador onde os sensores de aquisição dos dados climáticos possam ser instalados, afim de obter os dados mais condizentes com a realidade.

Portanto este trabalho teve como objetivos de desenvolver um equipamento alternativo para aquisição georreferenciada de condições climáticas

embarcada no pulverizador agrícola e avaliar a variabilidade espacial, a relação do tempo e da área de ocorrência das classes dos elementos meteorológicos, temperatura e umidade relativa do ar, utilizando sensores instalados na parte externa da cabine do trator e na barra de pulverização.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ELEMENTOS AGROMETEROLÓGICOS E O IMPACTO NA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A tecnologia de aplicação está diretamente responsável pela correta colocação dos produtos fitossanitários no alvo, cuidando da preservação do ambiente e da saúde do trabalhador, sem descuidar da técnica e da rentabilidade da produção (MATUO, 1990). Além disso, busca a máxima eficiência dos tratamentos, economicidade, eficiência operacional, adequação das máquinas, menor contaminação ambiental e maior segurança do operador e do consumidor final dos produtos agrícolas (BOLLER, 2011).

Não raro, o insucesso dos tratamentos fitossanitários está associado a problemas relacionados à tecnologia de aplicação, e implica em prejuízos econômicos como o controle insuficiente de pragas, doenças ou plantas daninhas e despesas adicionais com novas aplicações. Saliencia-se que na maioria das vezes as pulverizações de fungicidas e de inseticidas requerem melhor cobertura do alvo do que outros produtos fitossanitários (AZEVEDO, 2003).

Em muitas situações as perdas e a contaminação do ambiente representam expressivas parcelas do volume aplicado. Em culturas anuais, são relatadas perdas de até 30% do volume aplicado, enquanto que um estudo conduzido na cultura da videira, mostrou que as perdas de calda variaram entre 48 e 68% do volume aplicado (ABI-SAAB, 1996).

A agricultura é uma das atividades econômicas que são fortemente dependentes das informações de tempo e clima (PEREIRA et al., 2002). Entretanto, existe uma dificuldade em caracterizar o clima, pois existem diversificadas definições genéricas a esse tema, podemos considerar como fator principal destas variações a finalidade e o propósito de cada autor (SÁ JUNIOR, 2009).

Dentre as diversas definições podemos citar a mais usual: clima é o somatório das condições atmosféricas que fazem um lugar da superfície terrestre ser mais ou menos habitável para os humanos animais e plantas (KOPPEN, 1948). Mais especificamente, pode-se considerar o clima como um conjunto de fenômenos

meteorológicos, como chuva, temperatura, pressão atmosférica, umidade do ar e os ventos, que caracterizam uma região, que só pode ser definido diante da análise observacional de vários anos (SILVA, 2006).

Diante disto para que possamos ter um bom planejamento e desenvolvimento agrícola, é fundamental conhecer previamente as condições climáticas reinantes da região onde se pretende praticar a agricultura, pois elas são determinantes para o sucesso de quaisquer atividades realizadas neste meio (SÁ JUNIOR, 2009).

As condições meteorológicas consideradas favoráveis para a realização das pulverizações são amplamente citadas na literatura, sendo caracterizadas por temperatura entre 15 a 30 °C, umidade relativa do ar maior que 55% e velocidade do vento variando de 2 a 10 km h⁻¹ (RAETANO, 2011).

O vapor d'água contido no ar origina-se da evaporação natural da água, da evapotranspiração dos vegetais e de outros processos de menor importância. A capacidade do ar para conter vapor d'água aumenta com a temperatura e a distribuição da umidade do ar sobre a terra que não é uniforme, sendo em média maior nas zonas equatoriais e menor nos polos, acompanhando os padrões anuais de radiação e temperatura. Quando o ar atinge sua capacidade máxima de saturação de água em determinada temperatura se diz que o ar está saturado e que a umidade relativa é de 100% (ROMERO, 2000)

A umidade relativa é definida como a relação entre a quantidade de vapor d'água existente numa amostra de ar úmido e a quantidade máxima que este ar poderia reter a determinada temperatura. A evaporação ocorre quando as moléculas de um líquido vencem a força de atração entre si e escapam de uma lâmina d'água passando à forma de vapor. Neste instante o ar está saturado de vapor d'água. Para cada temperatura este equilíbrio ocorre a uma determinada pressão de vapor, denominada pressão de saturação de vapor ou pressão máxima de vapor. A diferença entre a pressão exercida pela quantidade de vapor d'água existente no ar e a pressão máxima que pode ser alcançada, é denominada de déficit e pressão de saturação de vapor d'água no ar. Essa diferença é uma medida do poder evaporante do ar, tendo relação direta com os processos de evaporação, uma vez que depende do gradiente de pressão de vapor entre a superfície evaporante do ar (VIEIRA, 2009).

Muitas vezes, o ingrediente ativo se perde devido às condições do ambiente e horários de aplicação inadequados. A temperatura alta e a umidade relativa do ar baixa têm importante efeito sobre a pulverização de produtos fitossanitários, causando evaporação mais rápida das gotas. Portanto, é aconselhável que as pulverizações com produtos fitossanitários sejam realizadas pela manhã e ao final da tarde, a fim de evitar a evaporação rápida do produto aplicado (MATUO, 1990). Em condições climáticas adversas, como temperatura elevada, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade de vento, aumenta-se o risco de contaminação ambiental por deriva (VIANA, 2007).

O vento é um dos principais fenômenos climáticos que interferem na aplicação, agindo diretamente sobre as gotas, de maneira a alterar o deslocamento destas em direção ao alvo (COSTA, 2007). Pode-se mencionar que a deriva é tudo aquilo que não atinge o alvo durante a aplicação (VELLOSO, 1984; MATUO, 1990; CHRISTOFOLETTI, 1999). Pode ser definida ainda como a parte da pulverização agrícola que é carregada para fora da área-alvo, pela ação do vento, ou o movimento de um produto pelo ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado (MILLER, 1993; OZKAN 2001). A deriva pode ser diferenciada em exoderiva aquela que deixa a área alvo, e a endoderiva que o produto não atinge o alvo e acaba sendo depositado no solo (VILLAALBA; HETZ, 2010).

O produto fitossanitário pode ser transportado da área-alvo na forma de gotas ou vapor. A perda na forma de vapor pode ocorrer durante ou posteriormente à aplicação, sendo muito dependente da pressão de vapor e das características da formulação do produto (MILLER, 2004).

Outros fatores podem também influenciar no processo de deriva, como as características da pulverização, equipamentos e técnicas, pontas de pulverização, pressão e volume. Um estudo realizado mostrou que o aumento da umidade relativa do ar e da diminuição na velocidade do vento e na temperatura do ar, resultaram na redução da deriva (Nuyttens et al., 2006). Em estudo teórico da distância horizontal percorrida por uma gota de tamanho conhecido, para avaliar o potencial de deriva das aplicações de produtos fitossanitários em diversas condições sobre a eficiência de zonas de segurança na redução da contaminação causada pelo arrastamento das gotas, determina-se que o estabelecimento de zonas de segurança de 6 m reduz drasticamente o problema da deriva, e que os fatores que

mais influenciam a intensidade da deriva foram as pontas de pulverização e a velocidade do vento (CUNHA, 2008).

Em aplicações de glyphosate em distintas condições climáticas, constatou-se que gotas finas e médias tiveram deposições significativamente menor no horário da tarde, em relação ao horário da manhã. Já, quando aplicada calda adicionada do adjuvante “antideriva+cobre”, as gotas finas depositaram mais no período da tarde, em comparação ao horário da manhã (NASCIMENTO, et al., 2012).

Fatores como temperatura, umidade relativa, velocidade do vento influenciam na trajetória da gota em direção ao alvo. Em condições de temperatura elevada, a evaporação das gotas aumenta em dias muito secos devido à baixa umidade relativa do ar. Nessas situações gotas pequenas e médias não conseguem atingir o alvo, deixando o ingrediente ativo disperso no ar como partícula flutuante, sendo arrastado para regiões distantes (FAGGION, 2002).

O período da manhã é considerado ideal para a pulverização de produtos fitossanitários, principalmente pela ocorrência de condições climáticas que proporcionam menor evaporação. Deve-se destacar que, devido às proporções continentais do Brasil, o momento ideal para pulverizar, é muito variável nas diferentes regiões produtoras. As pulverizações realizadas em condições críticas de déficit de pressão de vapor d’água no ar, caso necessário, devem ser executadas com bastante critério, devido ao fenômeno da evaporação das gotas. Sabe-se que, devido ao tamanho de muitas propriedades agrícolas no Brasil, é difícil executar a pulverização, exclusivamente, nos horários de menor evaporação. Diante disso, os profissionais envolvidos com a tecnologia de aplicação têm de utilizar de diferentes pontas de pulverização, como alternativa para obter sucesso no controle fitossanitário (ALVARENGA, et al., 2013).

O processo de evaporação na aplicação de produtos fitossanitários seria bastante reduzido caso as aplicações fossem realizadas em baixo déficit de pressão, ou utilizando pontas que produzem gotas grandes. A deriva causada pelos ventos laterais torna-se maior quando a taxa de evaporação é alta, mesmo ventos considerados adequados para a pulverização podem promover grande deriva, nos casos em que as gotas tenham alta evaporação e longo tempo de queda e permanência sobre o alvo (ALVARENGA, et al., 2011).

2.2. EQUIPAMENTOS DE REGISTRO DE DADOS CLIMÁTICOS

A coleta e análise de dados meteorológicos é de interesse da humanidade desde tempos antigos, com os primeiros instrumentos de medição datados da idade média. Além de ser um tipo de informação indispensável em diversas atividades humanas, os dados climáticos são de suma importância para o atual conceito de desenvolvimento humano, pois este leva em conta a sustentabilidade ambiental. Para uma sociedade desenvolver-se de forma sustentável, ela deve possuir políticas de controle dos recursos naturais de forma a possibilitar uma boa qualidade de vida às gerações futuras, uma vez que os recursos naturais são finitos, que gera uma grande procura aos dados climáticos (OLIVEIRA, 2012).

Por muitos anos, as avaliações dos dados climáticos foram realizadas por meio de estações meteorológicas convencionais administradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O INMET instalava as estações meteorológicas e os técnicos responsáveis coletavam os dados gerados por essas apenas três vezes ao dia. Esse número de coletas é demasiadamente pequeno, além de haver o fator humano nas medições, gerando erros de natureza sistemática ou aleatória, o que pode causar grandes disparidades em relação ao valor real (TORRES et al., 2015).

Tem-se observado, num primeiro momento, um empenho muito grande de indústrias de máquinas agrícolas, fornecedores de sistemas eletrônicos e hidráulicos e de programas computacionais de toda ordem. Infelizmente, a visão de mercado, via de regra imediatista e segmentada, tem gerado produtos que não atendem à demanda do agricultor. Por outro lado, a falta de definições de direção do mercado com relação ao nível tecnológico em se adotar e fragilidade em alguns parâmetros de recomendação, especialmente ligados a inconsistências da variabilidade espacial e temporal nas lavouras e baixas correlações entre possíveis causas e efeitos, tem levado muitos empreendimentos a serem revistos ou mesmo encerrados (MOLIN, 2011).

O amadurecimento da tecnologia de redes de sensores e sua aplicação no campo remetem a um novo conceito, com monitoramento preciso de

diversos atributos do campo, controle e automatização, explorando ao máximo o potencial da terra sem representar com isso degradação ambiental. As Redes de sensores sem fio devem servir de ferramenta para o agricultor que busca agregar mais eficiência no seu processo de produção e manter competitividade econômica, além de garantir preservação ambiental (SANTOS, 2010).

Não esquecendo de mencionar que na década passada, nos Estados Unidos e Europa, vários os exemplos de empresas que foram construídas para atuar no desenvolvimento e comercialização de soluções e tecnologia relacionadas a programas computacionais para sistemas de informação geográfica dedicados a agricultura, como sensores de vários princípios de funcionamento. Também surgiram vários equipamentos dedicados ou genéricos para a automatização da regulação de máquinas aplicadoras de insumos em geral. Muitos desses produtos e suas empresas não resistiram ao desafio da inovação e não encontraram espaço para sobreviverem no mercado. As projeções eram otimistas demais e muitas das soluções não estavam adequadas ao momento e ao domínio que se tem da complexidade que é um sistema de produção agrícola com interações ainda não inteiramente dominadas. Com isso, alguns dos aspectos de ordem prática, planejados pelos proponentes de equipamentos e soluções, não se efetivaram. Mas isso é típico em qualquer área que esteja de desenvolvendo, sendo que alguns se estabeleceram e estão prosperando. Mais recentemente esse mesmo fato começou a ser visto no Brasil, inclusive com algumas iniciativas de desenvolvimento de produtos nacionais, mas que passaram pelas mesmas provações que outros já passaram no exterior (MOLIN, 2011).

Com o desenvolvimento tecnológico, tornou-se possível a criação de estações meteorológicas automáticas (Automatic Weather Station – AWS) que dispensam a interferência humana nas medições excedendo em termos de precisão e taxa de amostragem as antigas estações administradas pelo INMET, porém apresentam alto custo de aquisição (Torres et al., 2015). Essas estações têm um alto custo e coletam dados de forma pontual dentro de uma grande área. Assim, os dados coletados representam as condições meteorológicas daquele ponto e não necessariamente da área como um todo (SANTOS, 2010).

São inúmeros os benefícios do uso de uma estação meteorológica automática e o monitoramento contínuo com transferência imediata dos dados meteorológicos ao qual trará enormes subsídios e suportes para as atividades de

geração de tecnologia, prestação de serviços, e às atividades do agronegócio, que envolvem as instituições. São plausíveis de se beneficiarem de um sistema de repasse de informações agrometeorológicas, todas as atividades agropecuárias do Brasil com destaque para as seguintes: zoneamento e análise de riscos climáticos, orientação das atividades agropecuárias e planejamento agrícola, regionalização agroclimática e potencialidade de produção das diferentes culturas em função das necessidades hídricas e térmicas, probabilidade de atendimento hídrico das culturas, calendário agrícola e planejamento do plantio e colheita, monitoramento de seca, estresses ambientais e sequestro de CO₂, manejo de água de irrigação, riscos de geada, manejo agrometeorológico de pragas e doenças (BRUNINI, 2013).

O arduino foi criado pelo professor Massimo Banzi na Itália, o qual queria ensinar programação de computadores de forma que este conhecimento pudesse ser aplicado a projetos de arte, automação e robótica. A grande dificuldade encontrada por ele foi de não encontrar no mercado placas que fossem didáticas e ao mesmo tempo poderosas e baratas. Com o tempo, juntamente com o engenheiro espanhol David Cuartielles, Massimo decide criar sua própria placa contando com ajuda de um de seus alunos chamado David Mellis, o qual ficou responsável pela linguagem de programação do arduino (RODRIGUES, 2012).

Sendo um sistema que pode interagir com seu ambiente por hardware e software incorporados a um dispositivo com um objetivo pré-definido. Trata-se de um projeto de código livre que pode ser “clonado” tanto em software (que utiliza linguagem de programação em C/C++) quanto em hardware, assim como um CLP (controlador lógico programável) que controla sistemas industriais. A plataforma tem como principal finalidade facilitar, a nível doméstico, comercial ou móvel, a automação e controle nestes ambientes e aplicações estendidas utilizando placas que contêm outros dispositivos, as quais são facilmente conectadas a ele. Estas placas são chamadas de módulos ou *Shields* (escudos, em inglês). Tais placas podem funcionar como receptores GPS, módulos de rede internet ou *wireless*, dentre outros, (MCROBERTS, 2010).

Arduino é uma plataforma de hardware livre, projetada com um microcontrolador Atmel de placa única, com suporte de entrada e saída embutido e uma linguagem de programação padrão, essencialmente C. Pode ser usado para o desenvolvimento de objetos interativos independentes, ou ainda para ser conectado a um computador com o papel de servidor. Uma típica placa arduino é composta por

um controlador, algumas linhas de entrada e saída, digitais e analógicas, além de uma interface de comunicação serial e USB, possibilitando a sua conexão a um computador, para a sua programação e interação em tempo real, assim como a um servidor. Os arduinos originais utilizam a série de microcontroladores megaAVR, especialmente os microcontroladores da família ATmega8, ATmega168, ATmega328 e a ATmega1280, porém muitos outros microprocessadores foram utilizados por cópias de seu projeto original. A grande maioria de placas inclui um regulador linear de 5 volts e um oscilador de cristal de 16 MHz, sendo pré-programado com um bootloader que, em comparação com outros aparelhos, simplifica o carregamento de programas para o chip de memória flash embutido (TANAKA, 2011).

O hardware arduino foi um sucesso, visto a ampla possibilidade de aplicações, como por exemplo, um leitor de temperatura (UNESP, 2012). Assim, o conceito do arduino logo se espalha pelo mundo, atingindo a marca de mais de 50.000 placas vendidas até outubro de 2008 (BARROS, 2012).

Ao avaliar a diferença de preços entre a estação desenvolvida e os demais modelos de estações meteorológicas automáticas percebe-se que o modelo de estação a partir da plataforma arduino possui um preço competitivo, apesar de não possuir todos os sensores que caracterizam uma estação meteorológica convencional (TORRES, 2015).

Devido a sua ampla capacidade de utilização, o arduino também pode ser aplicado na agricultura, devido às diversas variáveis que podem ser medidas através de sua plataforma e sensores, a exemplo da automação do processo de pulverização de defensivos e mapeamento de plantio da produção (JUNIOR; VENTURA, 2011).

No controle de processo, é utilizado em projetos de irrigação, possibilitando a aplicação de água de acordo com a umidade do solo. Muitas ideias podem ser realizadas, tais como supervisionar temperatura, luminosidade e umidade do solo, para controlar as plantações, regulando as ações de dispositivos agentes, conforme estímulos naturais e/ou parâmetros definidos pelo desenvolvedor. Além da agricultura, existem muitas outras atividades que podem ser facilitadas e otimizadas com o arduino (HERNANDEZ, 2013).

2.3. AGRICULTURA DE PRECISÃO

A adoção das técnicas relacionadas ao conceito de Agricultura de Precisão (AP) é um desafio recente no Brasil. Questões e dúvidas de toda ordem são levantadas e são semelhantes às apontadas pelos países mais desenvolvidos. Os aspectos que suscitam maiores dúvidas estão relacionados como interpretar tanta informação e transformá-la em ferramentas que auxiliem na tomada de decisões para o correto tratamento da variabilidade espacial inegável de nossas lavouras. Essa variabilidade que se expressa na colheita, em termos de diferenças de produtividade ao longo da lavoura, tem causas das mais variadas e de maneira alguma pode ser atribuída a um fator isoladamente (SOUZA, 2010).

Grande parte das inovações tecnológicas introduzidas na agricultura constitui-se de máquinas, equipamentos, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e outros produtos que são, na verdade, biotecnologias e novos produtos industriais utilizados pelo setor agroindustrial. Esse setor caracteriza-se, cada vez mais, pela globalização dos mercados, pelo crescente uso de novas tecnologias e pela busca da produção sustentável. Tal realidade obriga o setor agroindustrial brasileiro a adotar novas tecnologias, empregando-as a fim de elevar sua produtividade, melhorar seus produtos e métodos de gestão e contribuir para a preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, possibilitar maior competitividade no mercado mundial. Sem dúvida que essa realidade demanda da agroindústria uma atuação empresarial que visa atar dois lados, ou seja, otimizar os sistemas produtivos e minimizar o impacto ambiental. No enfrentamento desse desafio, a empresa agrícola busca novas tecnologias, tais como a Agricultura de Precisão, para que, ao empregá-las, possa promover a redução de custo e a preservação ambiental (CIRANI, 2010).

O termo surgiu nos países europeus e posteriormente nos Estados Unidos da América como *Precision Farming* ou *Precision Agriculture*, traduzido para o português como Agricultura de Precisão. Estes termos foram utilizados para definir o sistema que veio resgatar a capacidade de conhecer cada metro da lavoura, detalhes que foram perdidos à medida que as áreas cultivadas foram crescendo (MOLIN, 2001).

Diante disso, a AP surge como um conjunto de tecnologias que são capazes de auxiliar o produtor rural a identificar as estratégias de manejo a serem adotadas para aumentar a eficiência no gerenciamento do processo de produção, podendo maximizar a rentabilidade das colheitas e reduzir os custos de aplicação de insumos, tornando a atividade mais competitiva (CARVALHO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2007; SILVA; SOUZA; ALVES, 2008).

Podemos mencionar que a AP compreende um conjunto de ferramentas que combina sensores, sistemas de informação, máquinas adaptadas e gestão de conhecimento para otimizar a produção e minimizar a variabilidade e a incerteza em sistemas agrícolas. Assim, proporciona meios para controlar a cadeia de produção alimentar e gerenciar a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas (GEBBERS, 2010).

No que se refere a custos econômicos, esses não são fáceis de serem mensurados. A viabilidade econômica está atrelada a uma série de variáveis de difícil controle, tais como a variabilidade dos campos, diferentes condições naturais, distintas situações de produção, diferentes metodologias de análises econômicas e dificuldades em mensurar os benefícios da tecnologia e da melhoria da proteção ambiental. Por isso, é necessário não focar apenas nos custos adicionais provenientes da adoção, mas nos benefícios que ela pode trazer. Espera-se então que, no balanço final, os benefícios superem os custos (ROBERT, 2002).

Salienta-se que a mesma é o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos, realizada por meio de tecnologias recentes adaptadas para o meio agrícola, com o objetivo de possibilitar a redução do uso de insumos e do impacto sobre o meio ambiente (CIRANI, 2011). A agricultura de precisão, na atualidade, ganha uma definição mais sistêmica, podendo ser definida como uma nova forma de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola, e não apenas como um conjunto de ferramentas para o tratamento localizado da lavoura. É um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento-chave o gerenciamento da variabilidade dos fatores de produção (SWINTON; DEBOER, 1998).

A AP é uma das principais áreas de pesquisa em redes de sensores sem fio para aplicações ambientais. O estabelecimento de uma rede de sensores sem fio em fazendas ou plantações, com o intuito de monitorar variáveis

relacionadas ao manejo agrícola (como temperatura, pressão, umidade do solo e nível de radiação solar), e o principal tópico investigado na literatura, buscando a otimização do trabalho e um maior benefício da atividade agrícola (BOGENA, 2010).

O processo a agricultura de precisão possui basicamente quatro etapas: Recolhimento e processamento da informação, análise dos dados coletados, tomada de decisão em função da análise de dados, execução das operações de acordo com as variações dos dados no tempo e no espaço. A primeira etapa é a coleta de informação, ao qual é necessário conhecer as variabilidades do meio. Estas informações podem ser obtidas diretamente do campo através do rendimento da cultura, grau de infestação, dentre outros, ou indiretamente através de estações meteorológicas, satélites, análise de solos em laboratórios (SANTOS, 2011).

Vários métodos têm sido recomendados e utilizados para identificar, caracterizar e entender a variabilidade espacial das culturas em uma determinada área como monitor de colheita, mapa de solos, fotografia aérea, amostragem sistematizada de solos, sensores eletrônicos e sensoriamento remoto (COELHO, 2005) e atualmente o uso de veículos aéreos não tripuláveis (VANTs).

A segunda etapa da agricultura de precisão é a análise das informações colhidas na primeira etapa para isso ocorre é utilizado um conjunto de ferramentas. As informações devem estar georreferenciadas, ou seja, os dados mensurados devem estar associados a um dado local, que é determinado por um sistema de Posicionamento Global Diferencial, ou Global Positioning System – GPS e suas análises são efetuadas por um sistema de informações Geográficas – SIG. Já a terceira etapa pressupõe o conhecimento da origem da variação das características intra e entre parcelares, seu impacto na operação cultural a realizar (decisão operacional), fatores de produção a aplicar (decisão econômica) e impacto no meio ambiente (SANTOS, 2011).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) convertem os dados em mapas de variabilidade que, juntamente com os modelos agronômicos adequados (Sistema de Suporte a Decisão - SSD), vão ajudar a sua interpretação e a tomada de decisões sobre as condições de funcionamento dos equipamentos de aplicação variável (VRT- *variable rate technology*) para se utilizarem apenas as quantidades de fatores de produção certas, nos locais adequados. A quarta etapa é a execução das operações de acordo com a variação dos dados no espaço e no

tempo. Esta etapa consiste na implementação, no terreno, da tomada das decisões, para que os equipamentos apliquem diferentes quantidades de fatores de produção ou se realizem as operações culturais de acordo com a característica do meio (SANTOS, 2011).

Diante disso, na AP o campo é tratado considerando a existência de variabilidade espacial tanto para as condições do campo como para a produtividade. Esta tecnologia proporciona os meios necessários para a aplicação dos insumos nos locais adequados e na quantidade necessária para que o produtor busque a redução de custos, aumento da produtividade e a conservação do meio ambiente. A análise da influência das diversas fontes de informações em cada local do campo é que irá determinar como o campo será administrado durante um ciclo produtivo e nos próximos, ou seja, em AP a organização das informações, além da dimensão temporal, que é ainda muito importante, torna-se necessário que se tome extrema atenção para a dimensão espacial dos dados. É imprescindível que se registre as localizações das posições onde foram capturados os dados, os atributos e os valores mensurados nestas posições. Além disso deve-se registrar o momento cronológico em que estes dados foram adquiridos e como mencionado acima o componente espacial em AP para a aquisição de dados é dado pelo GPS (SOARES, 2013).

3. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS PARA EMBARCAR EM PULVERIZADORES AGRÍCOLAS

3.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise da variabilidade espacial, a relação do tempo e da área de ocorrência das classes dos elementos meteorológicos, temperatura e umidade relativa do ar, foi desenvolvido um equipamento de aquisição automático, georeferenciado e embarcado no pulverizador agrícola, utilizando sensores instalados na parte externa da cabine do trator e na barra de pulverização.

3.1.1. Local do estudo

A área de estudo situa-se no Sítio Santo Antônio, o qual localiza-se no município de Bandeirantes-PR, no km 89 da rodovia PR-436 (Rodovia Geraldo Maluta), com área total de 215,38 ha. A sede do Sítio fica situado nas coordenadas (-50,355579; -23,177736), datum WGS 84. A aquisição dos dados foi durante o manejo de plantas daninhas, nos dias 26 e 29 de outubro e 8 de novembro do ano de 2015.

3.1.2. Desenvolvimento da estação arduino

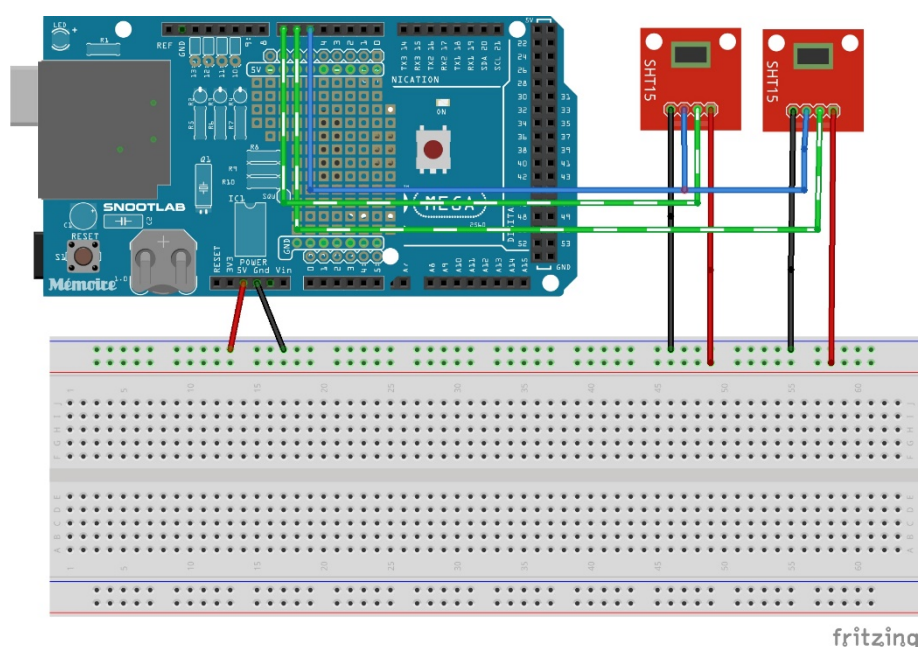
Para o desenvolvimento da estação arduino foi utilizado microcontrolador arduino modelo MEGA 2560, que permite receber informações geradas pela leitura de sensores e, a partir dessas, transmitir dados via módulos de comunicação. O microcontrolador é popularizado por sua ampla gama de aplicações, simplicidade de programação e uso aberto. Além do microcontrolador foi utilizado dois sensores de temperatura e umidade relativa do ar, modelo SHT 15.

O sensor SHT15, possui internamente um microcontrolador de 14 bits que permite uma comunicação simplificada com outro microcontrolador, no caso com o arduino. O SHT15 determina duas variáveis através de sensores internos, um

sensor resistivo que mede umidade relativa do ar, com precisão de $\pm 2\%$ e um sensor de tipo NTC que mede temperatura, com precisão de $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Na Figura 3.1 é apresentado um esquema de ligação dos sensores SHT15, através do software livre fritzing, software destinado a simplificar o uso do arduino para a criação de projetos e PCB's (Printed Circuit Board) também conhecidos como placa de circuitos impressos. Usou-se como padrão de cores para esta imagem vermelho para o GND, verde para o VCC, azul para a DATA e preto para o SCK.

Figura 3.1 Esquema de ligação dos sensores SHT15.



Além dos sensores, o sistema requer o uso de alguns módulos essenciais para configurar sua montagem como uma estação meteorológica automática, módulo de armazenamento através de cartão SD e o módulo de GPS. O modelo de GPS utilizado no projeto é o SKM53 da Skylab. O módulo de armazenamento SD possibilita o registro das informações dos sensores, lidas pelo arduino, além das informações de data, hora, velocidade de deslocamento e coordenadas geográficas, geradas pelo módulo GPS.

Para embarcar a estação arduino no pulverizador agrícola, foi projetada um case com interruptor, um cooler de notebook e um cabo de alimentação do equipamento. O case utilizado foi um quadro de distribuição de PVC,

para disjuntores e tomadas, com dimensões de 14x12x7 cm (comprimento, largura e altura) adaptado para abrigar e proteger o microcontrolador e seus módulos. O interruptor foi adaptado na lateral da *case*. O *cooler* foi retirado de um notebook e adaptado na lateral oposta do interruptor. O cabo de alimentação foi conectado no microcontrolador e na outra ponta na bateria do trator.

Após a montagem do sistema foi realizado a programação do microcontrolador. Isto foi feito dentro do ambiente de programação próprio do arduino, baseado no ambiente de processamento código aberto e por meio uma linguagem referente a este microcontrolador, simplificação de C.

Devido à característica de código aberto do arduino, existem diversas bibliotecas feitas por usuários que facilitam a programação dos diversos elementos utilizados neste projeto. Para a construção desta estação, foram necessárias as bibliotecas próprias para o sensor SHT15, armazenamento SD e GPS SKM53. Todas as bibliotecas utilizadas podem ser encontradas na comunidade arduino através do site próprio onde usuários podem dividir informações e conhecimentos.. No Apêndice é apresentado a programação da estação arduino.

3.1.3. Características do pulverizador

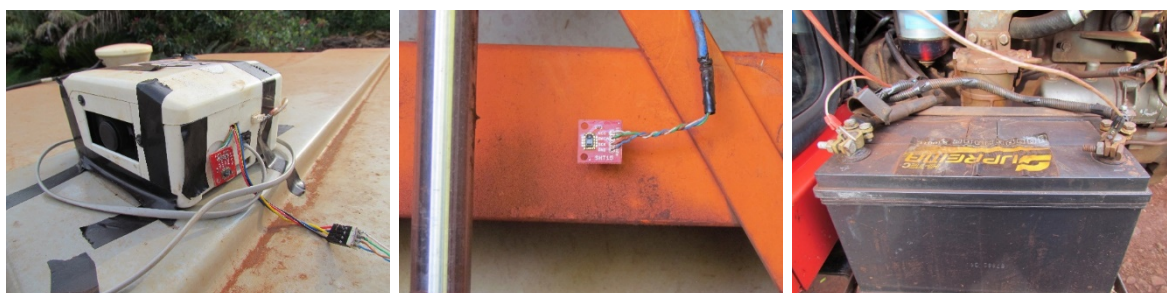
Utilizou-se um trator MASSEY FERGUSON®, modelo 275 com 55,16 kW de potência e 279,3 N de torque e um pulverizador Columbia AD18, fabricante JACTO®, com capacidade nominal do tanque de 2 m³, barras de pulverização com acionamento hidráulico com 18 m de comprimento, espaçamentos entre pontas de 0,5 m, possuindo 37 pontas de jato plano duplo de gota grossa “Anti Deriva” de Cerâmica com Indução de Ar (MAGNOJET®, modelo AD-IA 110 02). A taxa de aplicação foi de 165 l ha⁻¹. Na Figura 3.2 está apresentado o pulverizador utilizado no ensaio.

Figura 3.2 Máquina pulverizadora (MF275/AD18).



A estação arduino foi embarcada na parte externa da cabine do trator (Figura 3.3 A), um sensor SHT15 fixado na parte traseira do case (Figura 3.3 A), o outro sensor SHT15 fixado próximo a barra de pulverização (Figura 3.3 B) e um cabo de alimentação conectado ao microcontrolador e a bateria do trator (Figura 3.3 C).

Figura 3.3 Estação arduino embarcada na parte externa da cabine do trator e sensor SHT15 fixado na parte traseira do case (A), sensor SHT15 fixado próximo a barra de pulverização (B) e o cabo de alimentação conectado a bateria do trator (C).



A

B

C

3.1.5. Exportação os dados

Os dados foram exportados por meio do cartão SD, totalizando três tabelas no formato .xls, uma para cada dia de coleta. As tabelas foram organizadas em sete colunas, com os dados de hora, coordenadas geográficas, temperatura (°C)

e umidade relativa do ar (%), obtidas nos sensores instalados na parte externa da cabine do trator e na barra de pulverização, com frequência de coleta de dez segundos.

3.1.6. Mapas da distribuição espacial

Com o software ArcGis[®], versão 10.3, foi possível importar as tabelas, formato .xls, com o módulo “Adicionar dados”. Foi definido o datum “WGS 84” e exportado o arquivo para o formato shapefile e reprojetado os dados para o datum padrão do Brasil o SIRGAS 2000 na projeção UTM, fuso 22 S, no módulo ArcToolbox nas pastas “Ferramentas de Gerenciamento de Dados”, “Projeções e Transformações”, “Feições” e “Projetar”. Criados quatro arquivos no formato shapefile, das áreas limites onde os tratamentos fitossanitários foram realizados, conforme as datas de operação, no módulo “Catálogo”, com o botão direito do mouse, “Novo”, “Shapefile...”, tipo de feição: “Polígono”, “Editar...”, selecionar o datum “SIRGAS 2000 UTM Zone 22S”. Gerados os mapas interpolados do tipo inverso do quadrado da distância (IDW), no módulo ArcToolbox nas pastas “Ferramentas do Geostatistical Analyst”, “Interpolação” e “IDW”, antes de dar “Ok” e gerar os mapas, ir em “Ambientes”, “Análise de Raster” em “Máscara”, inserir as áreas limites criados anteriormente, conforme data analisada. Os mapas construídos foram classificados em quatro classes de temperatura (<25°C; 25-30°C; 30-35°C; >35°C) e quatro classes de umidade relativa do ar (<30%; 30-45%; 45-60%; >60%), com o botão direito do mouse no arquivo interpolado, “Propriedades”, aba “Simbologia”, Mostrar: “Classificado”, clicar em “Classificar”, método “Manual”, com “4” classes e digitar os intervalos definidos. Elaborado o mapa final, no módulo “Exibir Layout”, “Inserir”: “Legenda...”, “Seta Norte...”, “Barra de Escala...”, com o botão direito do mouse no mapa, “Propriedades”, aba “Grades”, “Nova Grade”, “Grade Dimensionada”. Exportado o mapa no módulo “Arquivo”, “Exportar mapa”, Formato: “JPEG”, Resolução: “300” dpi.

3.1.7. Análise dos dados

Os dados foram analisados com técnicas da estatística descritiva, distribuição de frequências e técnicas de geoprocessamento para quantificar a

variabilidade espacial, frequência de tempo e da área de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar, obtidos nos sensores instalados na parte externa da cabine do trator e na barra de pulverização.

3.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9 estão apresentados os mapas classificados da distribuição espacial da temperatura e umidade relativa do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), nas datas 26 e 29 de outubro e 08 de novembro do ano de 2015.

Ao analisar os mapas, observa-se a variabilidade espacial da temperatura e umidade relativa do ar durante as pulverizações agrícolas. No entanto houve diferença na distribuição da variabilidade espacial da temperatura e umidade relativa do ar, entre os sensores instalados na parte externa da cabine do trator e na barra de pulverização. O sensor instalado na barra de pulverização apresentou temperaturas inferiores e umidades relativas superiores, a aquelas encontradas no sensor instalado na parte externa da cabine do trator. Uma possível hipótese para esta diferença na variabilidade, seria o fato do sensor posicionado na barra de pulverização sofrer influência de um microclima proveniente da evaporação das gotas formadas nas pontas de pulverização. A evaporação dessas gotas, aumentam a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera, o que influencia no aumento da umidade relativa do ar, já que está é definida como a relação entre a quantidade de vapor d'água contida na atmosfera e a máxima quantidade de vapor que ela poderia conter para se tornar saturada (PEREIRA et al., 2002). A evaporação das gotas de pulverização na forma de vapor d'água, ou seja, a transformação da água na fase líquida para fase gasosa, demanda uma quantidade de energia que é retirada do meio, no caso o ar, resfriando-o, fenômeno denominado de resfriamento evaporativo.

Figura 3.4 Mapas classificados da distribuição espacial da temperatura do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 26/10/2015.

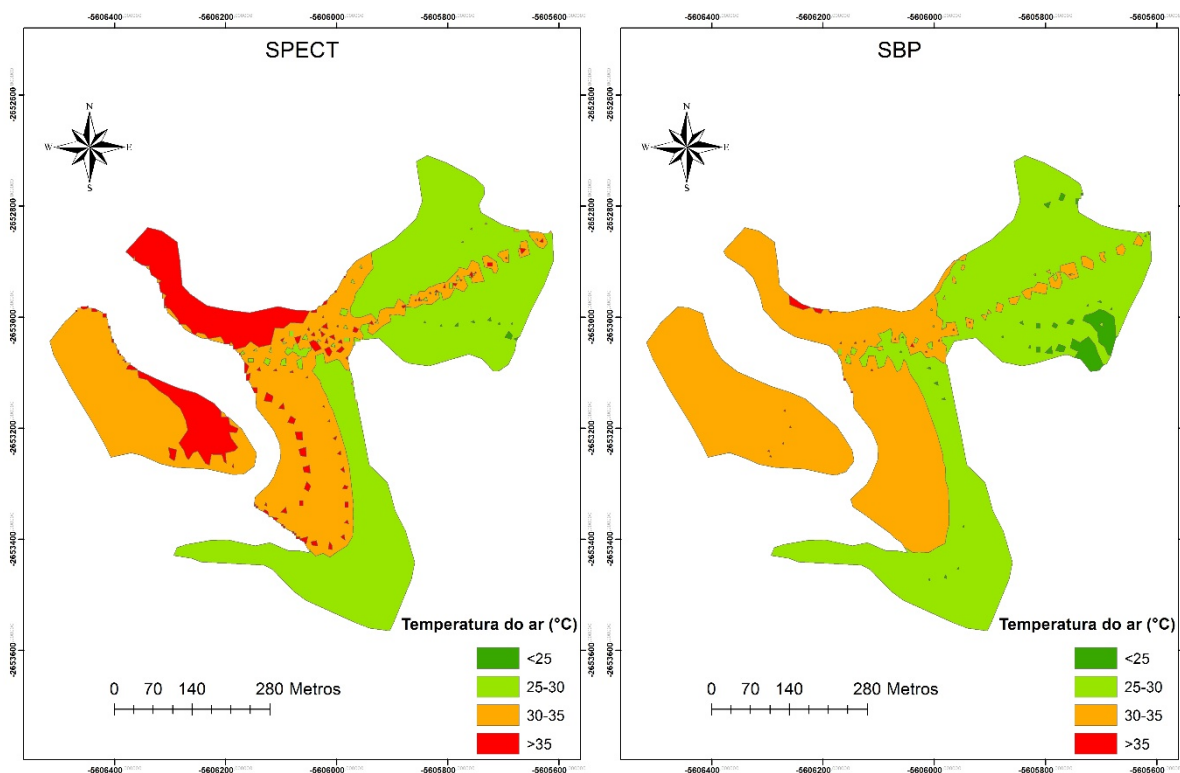
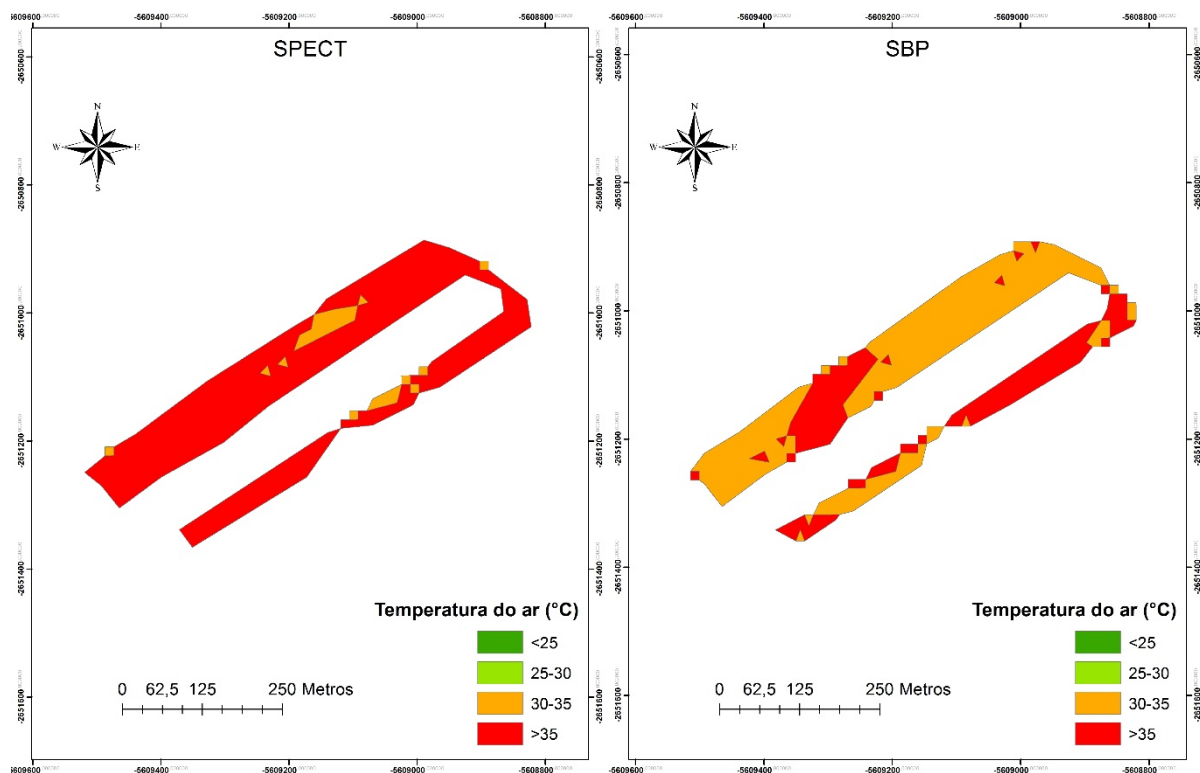


Figura 3.5 Mapas classificados da distribuição espacial da temperatura do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 29/10/2015.



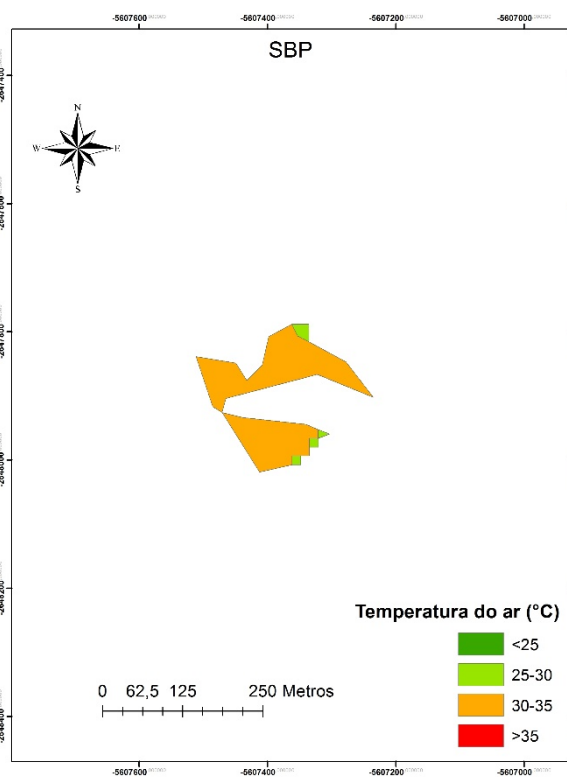
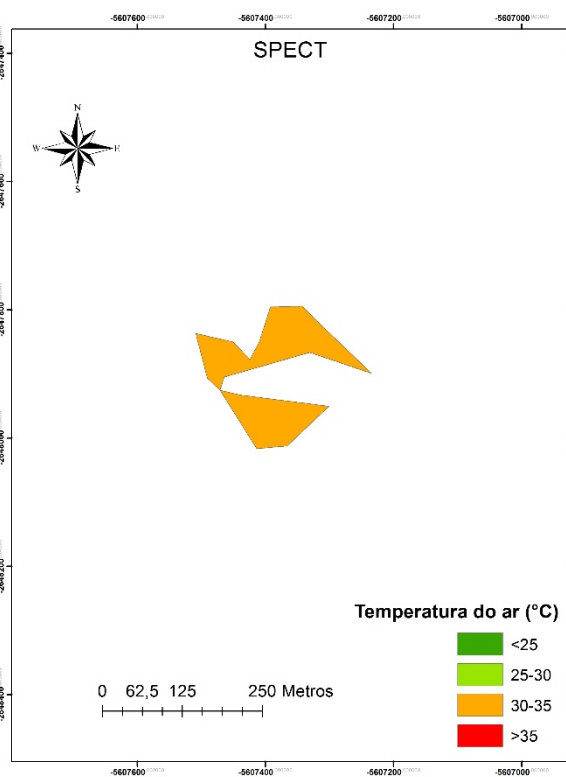
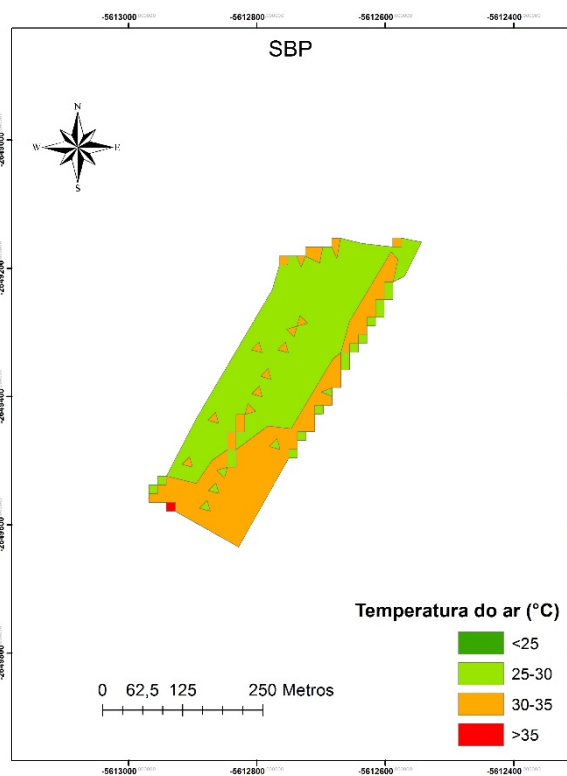
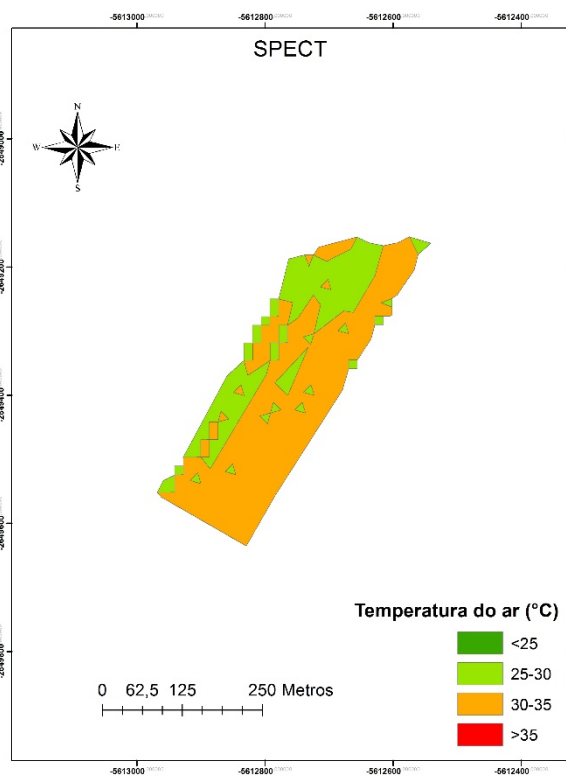
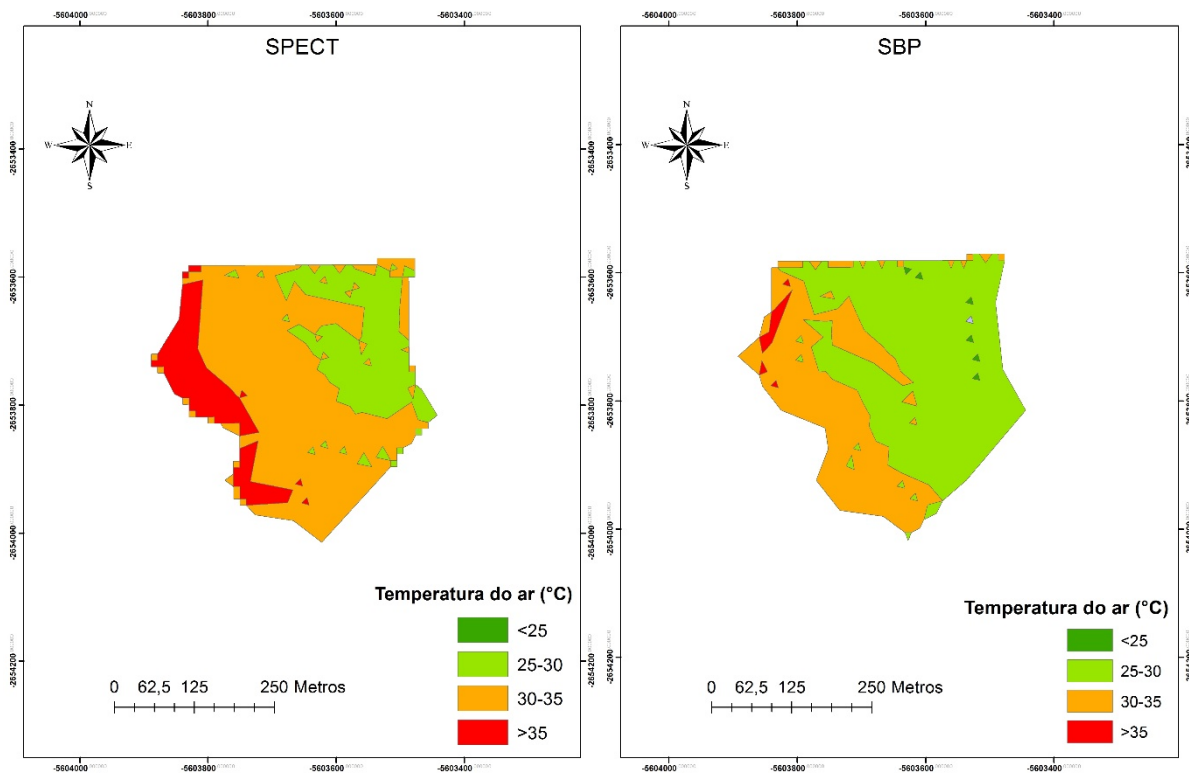


Figura 3.6 Mapas classificados da distribuição espacial da temperatura do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 08/11/2015.



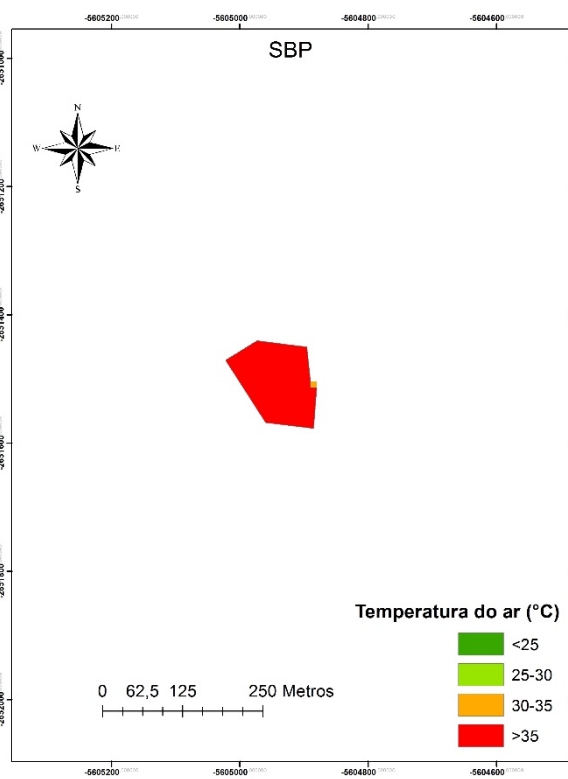
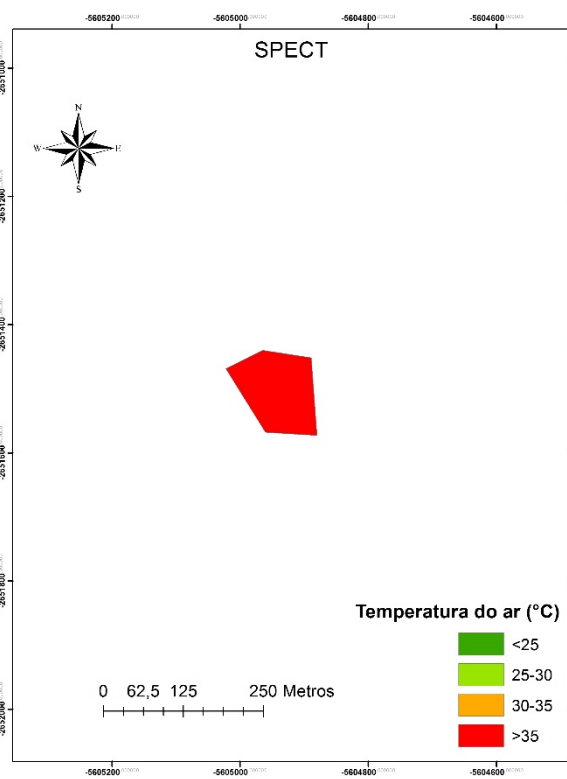
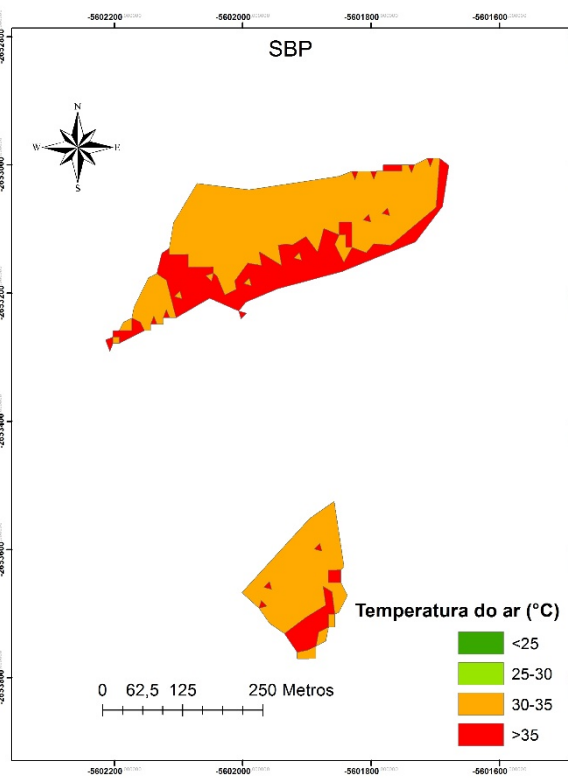
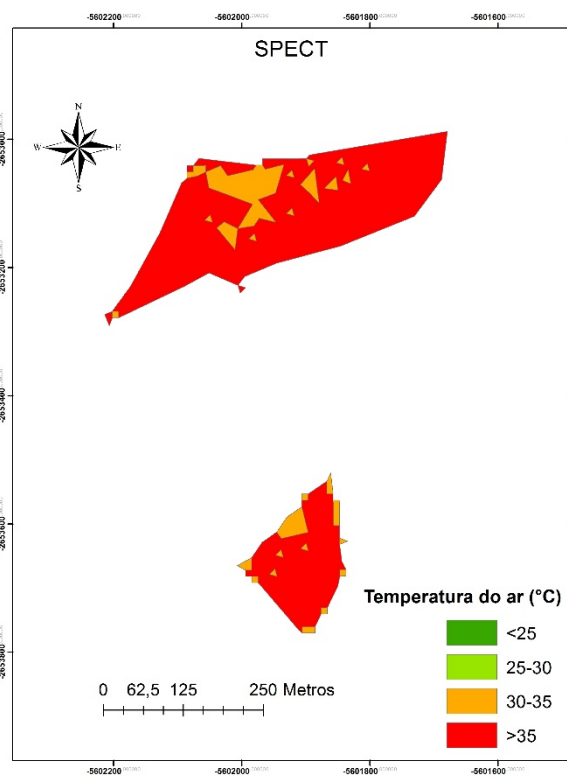


Figura 3.7 Mapas classificados da distribuição espacial da umidade relativa do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 26/10/2015.

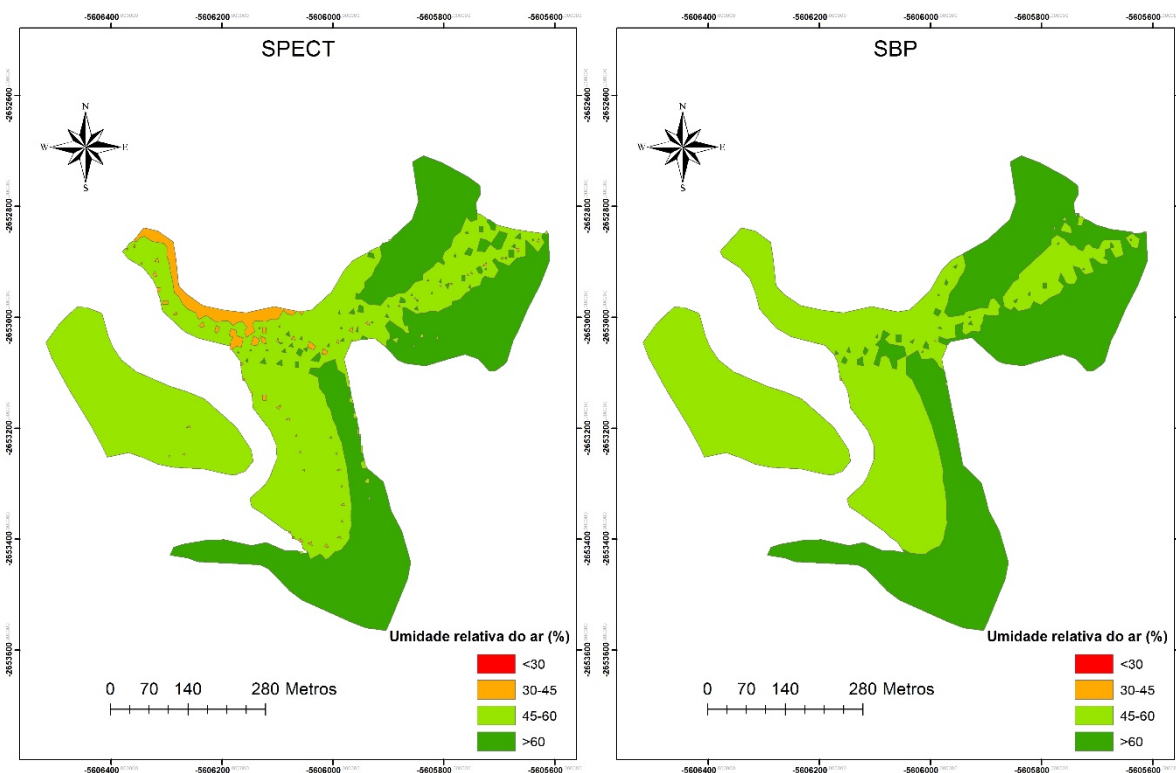
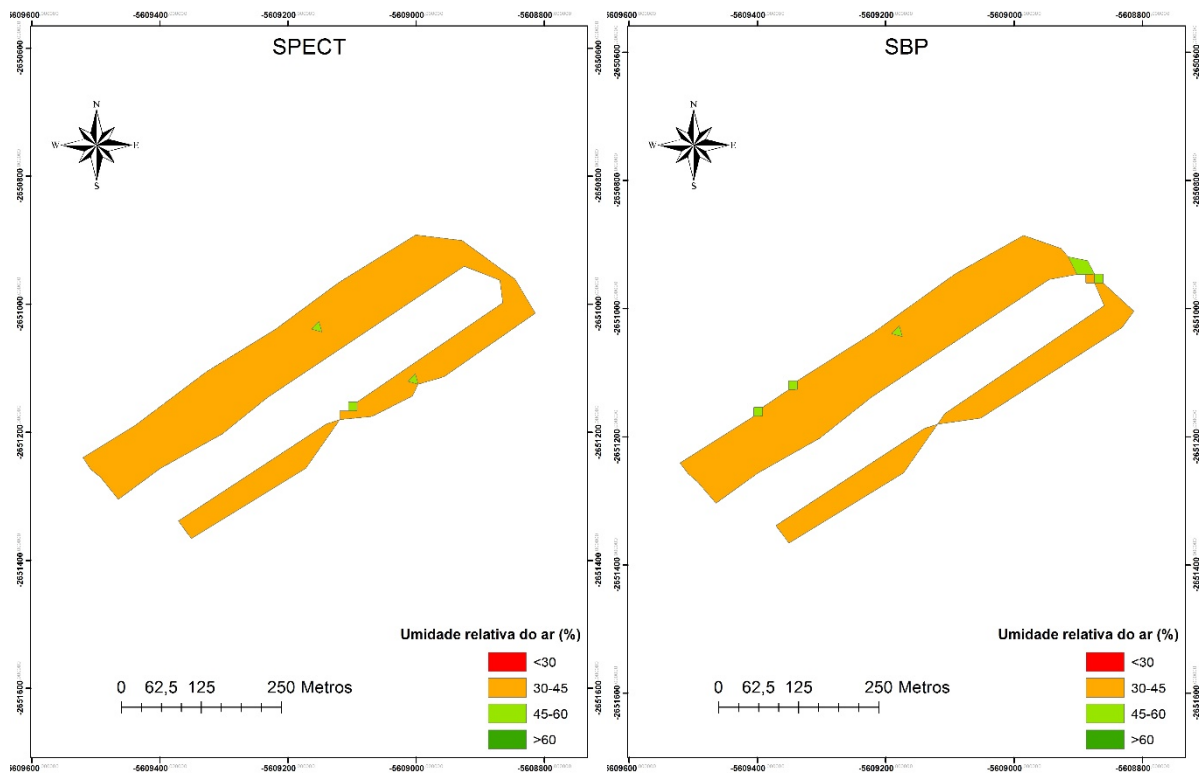


Figura 3.8 Mapas classificados da distribuição espacial da umidade relativa do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 29/10/2015.



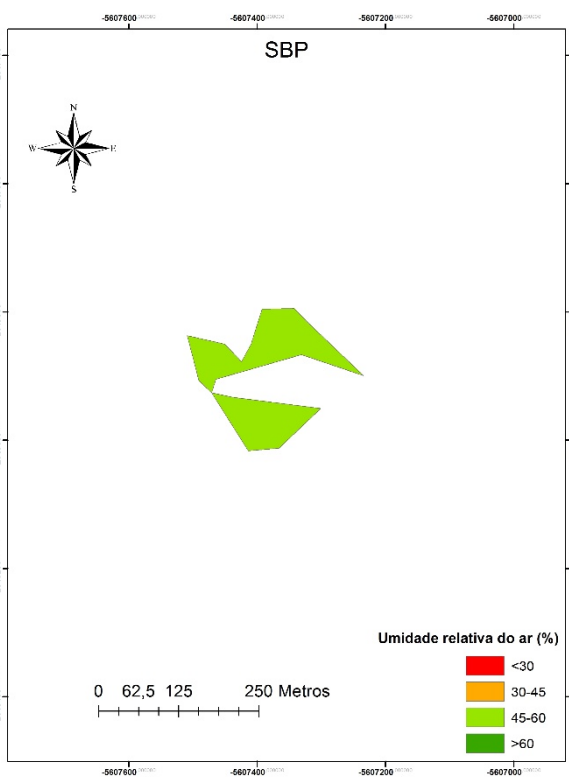
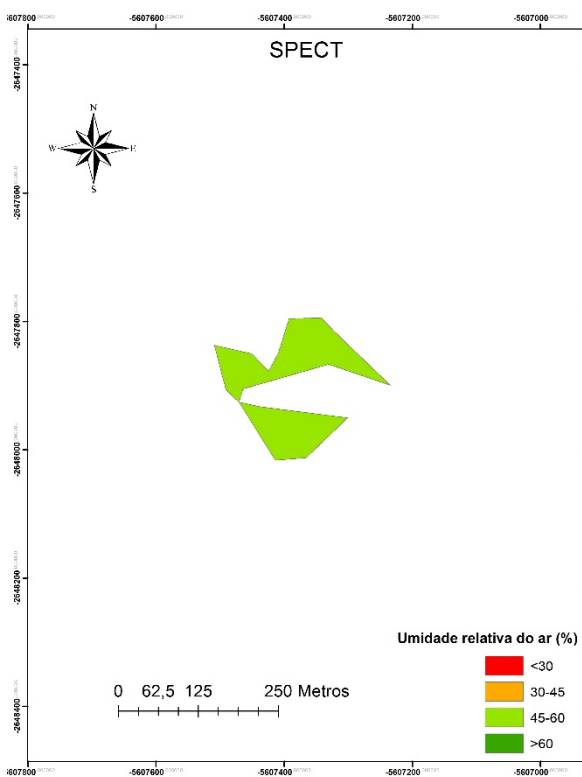
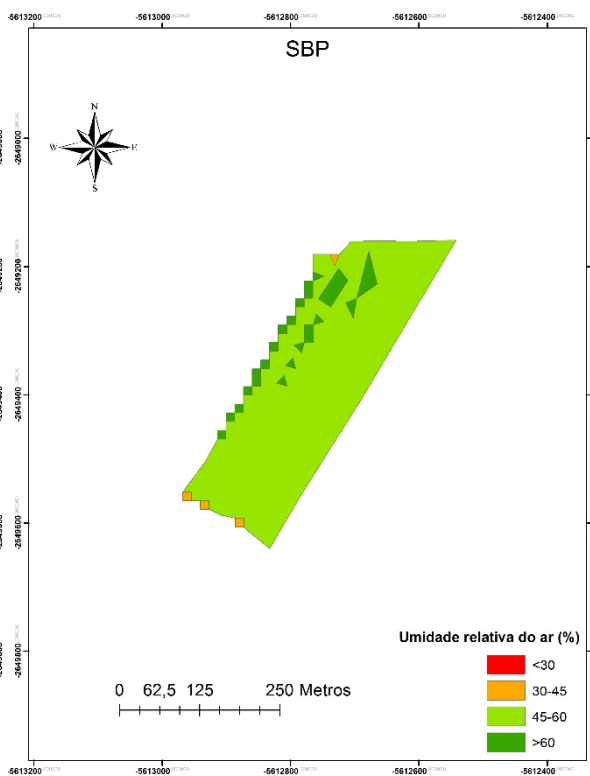
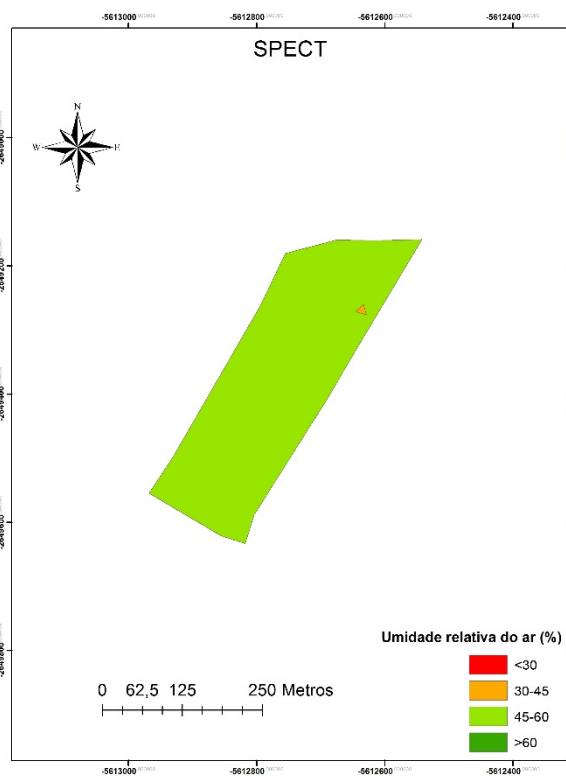
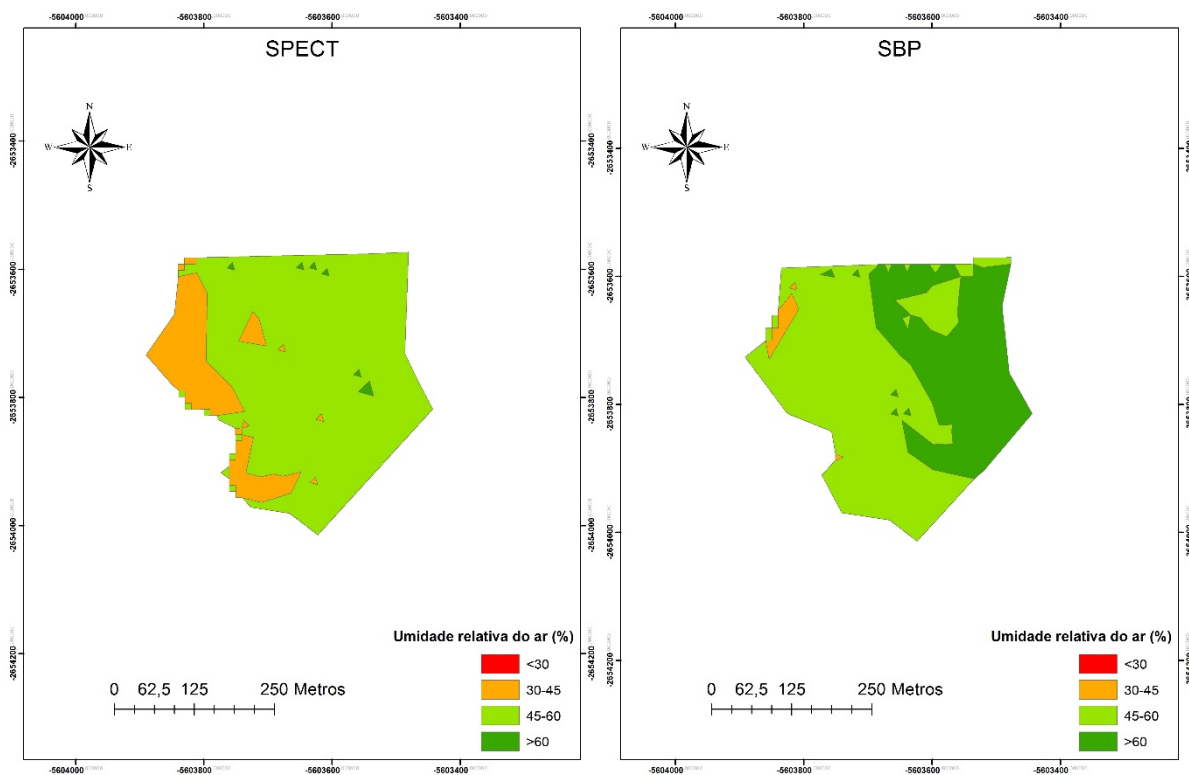
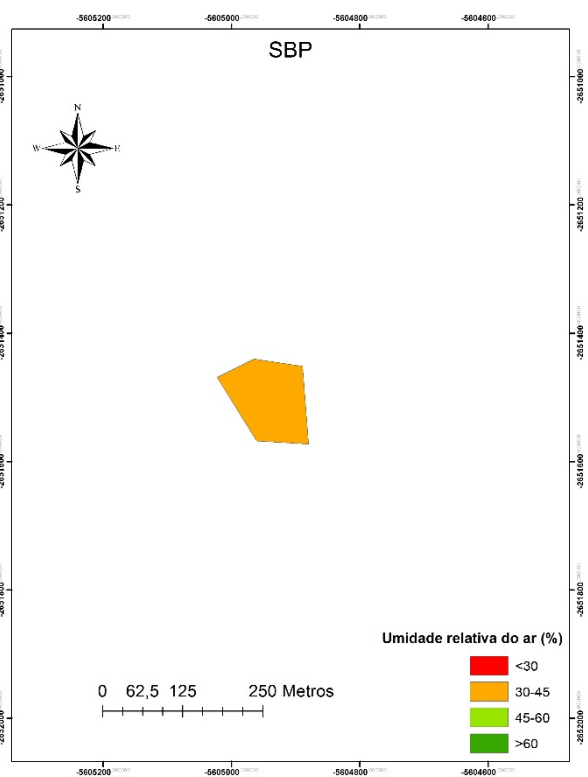
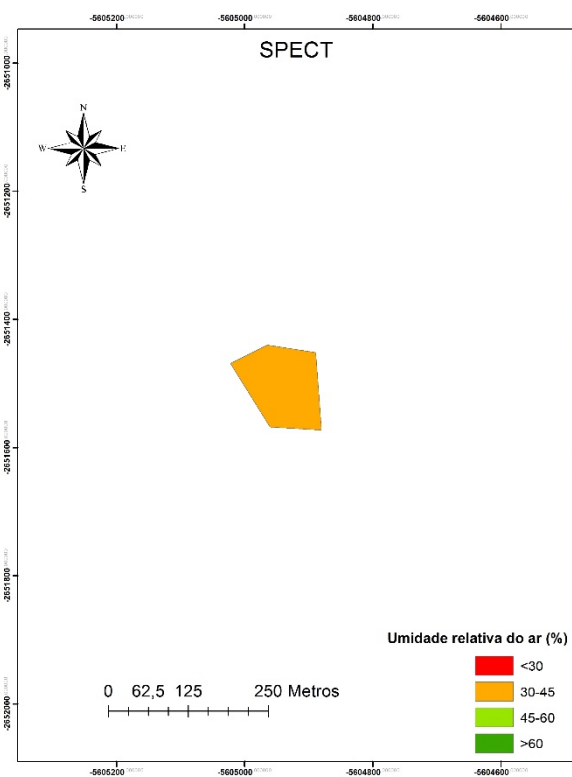
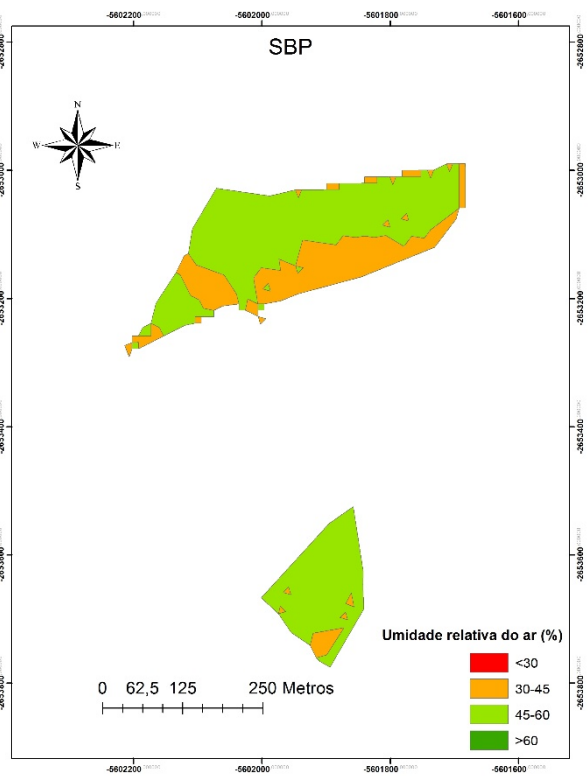
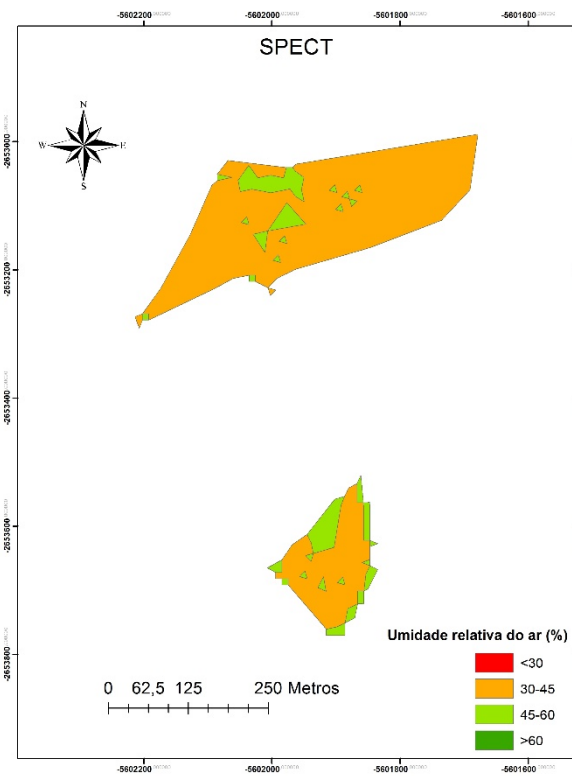


Figura 3.9 Mapas classificados da distribuição espacial da umidade relativa do ar, obtidas pelos sensores instalados na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), na data 08/11/2015.





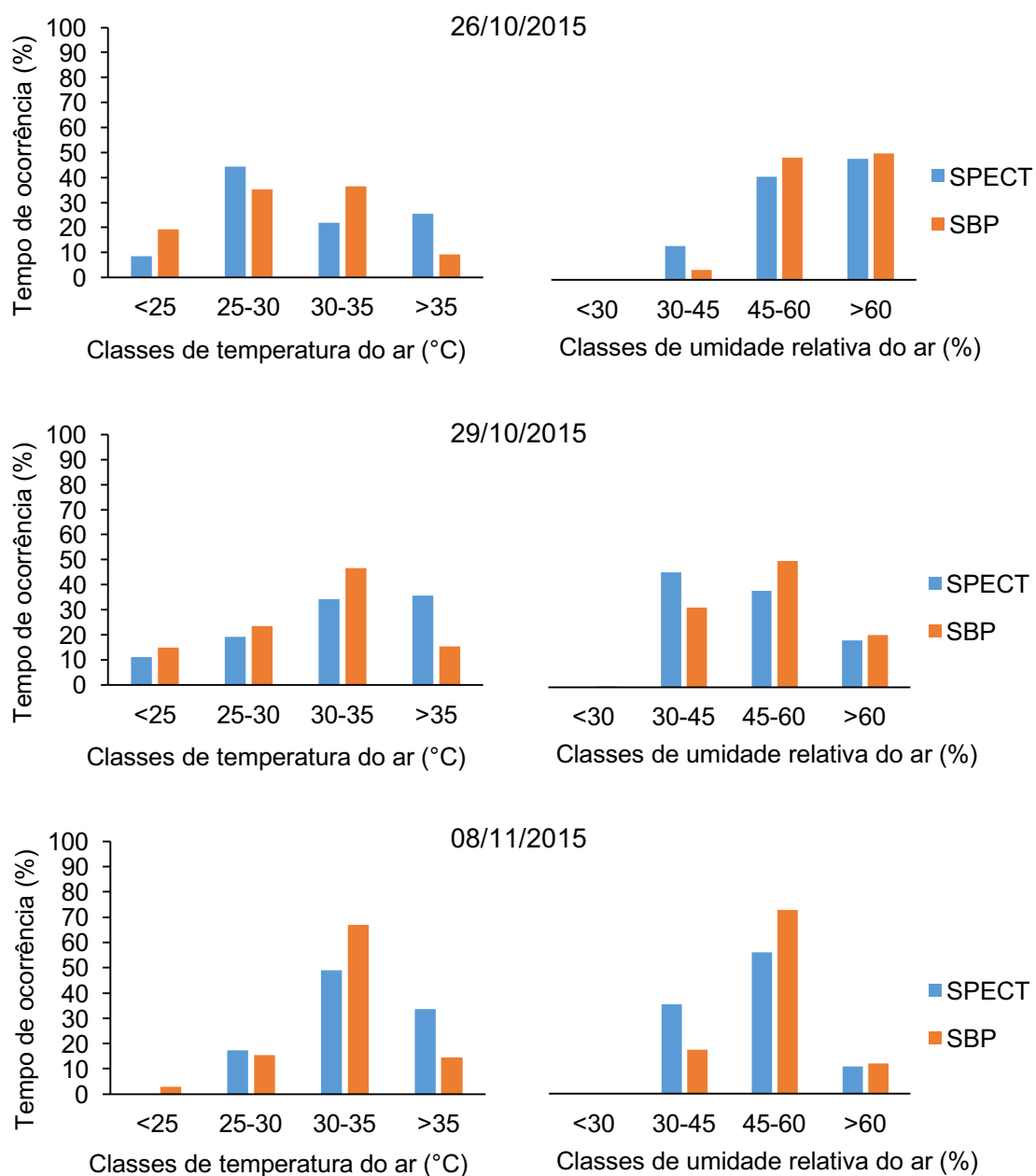
Na Figura 3.10 está apresentado o tempo de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas pelo sensor instalado na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), nas datas 26 e 29 de outubro e 08 de novembro do ano de 2015.

Em geral, observa-se valores crescentes de tempo e área de ocorrência das três classes iniciais de temperatura e umidade relativa do ar com posterior queda na última classe, em ambos os sensores instalados. O pico dos valores de ocorrência deu-se sempre na terceira classe (30-35°C e 45-60%) e os menores valores de ocorrência sempre na primeira classe (<25°C e <30%).

O comportamento do tempo de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar foi diferente entre os sensores. Na primeira classe, temperaturas menores que 25°C apresentaram em média 5,85% a mais de valores obtidos pelo sensor instalado na barra de pulverização, assim como as umidades relativas menores que 30% apresentaram em média 0,11% a mais de valores no mesmo sensor, já na segunda classe, temperaturas 25-30°C apresentaram em média 2,22% a mais de valores obtidos pelo sensor instalado na parte externa da cabine do trator, assim como umidades relativas de 30-45% apresentaram em média 13,60% a mais de valores no mesmo sensor, e na terceira classe, temperaturas de 30-35°C apresentaram em média 14,97% a mais de valores obtidos no sensor instalado na barra de pulverização, assim como umidades relativas de 45-60% apresentaram em média 11,75% a mais de valores no mesmo sensor, por fim na quarta classe, temperaturas maiores que 35°C apresentaram em média 18,59% a mais de valores obtidos no sensor instalado na parte externa da cabine do trator, enquanto que umidades relativas maiores que 60% apresentaram em média 1,75% a mais de valores obtidos no sensor instalado na barra de pulverização.

Na data 29/10/2015, temperaturas de 25-30°C apresentaram maior tempo de ocorrência obtidos no sensor instalado na barra de pulverização, fugindo do comportamento das outras datas avaliadas. Com exceção do exposto anteriormente, o comportamento das classes de temperatura e umidade relativa do ar, nas datas e locais de coleta analisadas foram os mesmos.

Figura 3.10 Tempo de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas no sensor instalado na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP).



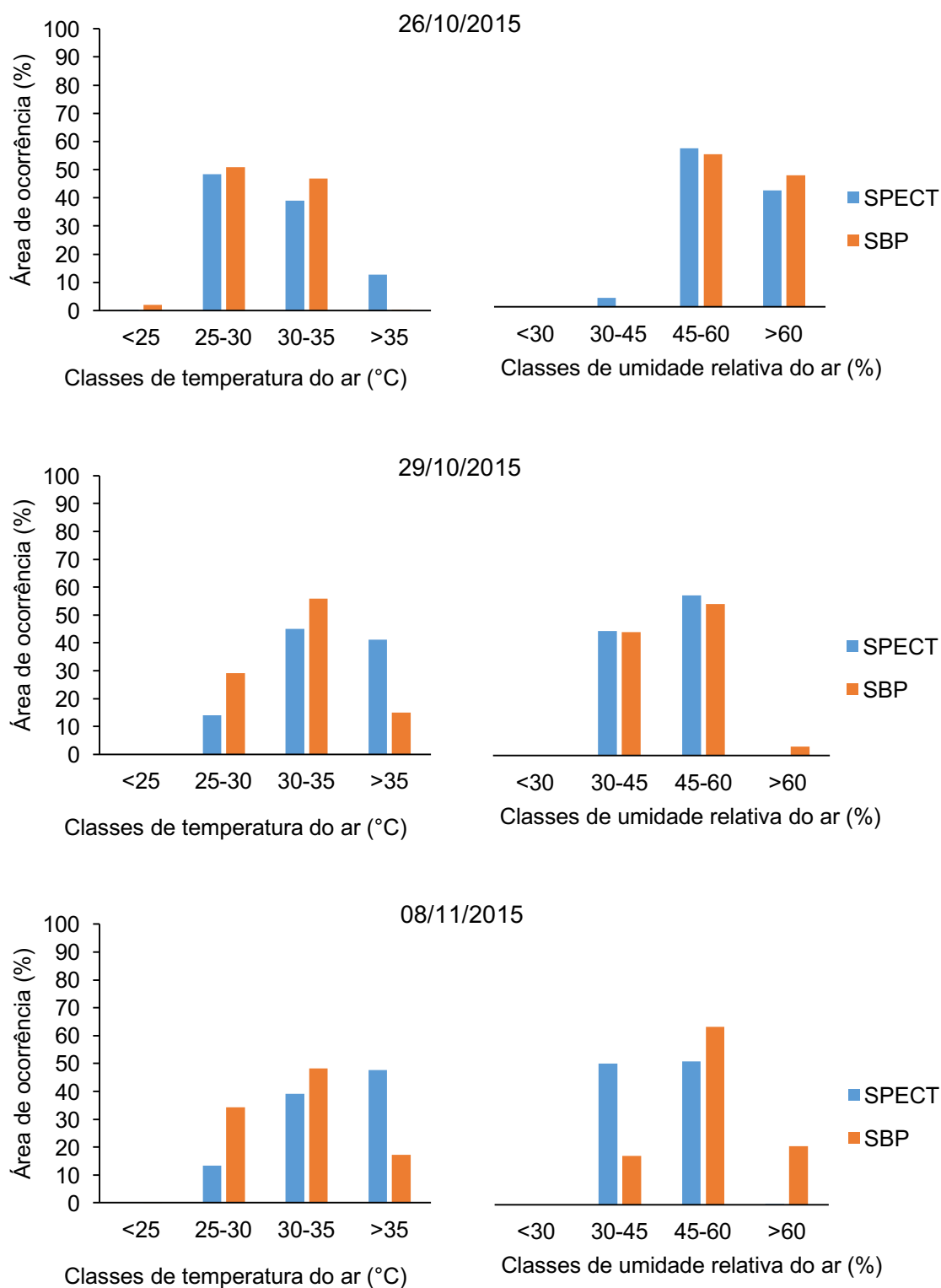
Na Figura 3.11 é apresentada a área de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas pelo sensor instalado na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP), nas datas 26 e 29 de outubro e 08 de novembro do ano de 2015.

O comportamento da área de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar foi diferente entre os sensores. Na primeira classe, temperaturas menores que 25°C apresentaram em média 0,7% a mais de valores obtidos no sensor instalado na barra de pulverização, enquanto que umidades relativas menores que 30% apresentaram ocorrência nula, já na segunda classe, temperaturas de 25-30°C apresentaram em média 12,89% a mais de valores obtidos no sensor instalado na barra de pulverização, enquanto que umidades relativas de 30-45% apresentaram em média 11,94% a mais de valores obtidos no sensor instalado na parte externa da cabine do trator, e na terceira classe, temperaturas de 30-35°C apresentaram em média 9,37% a mais de valores obtidos no sensor instalado na barra de pulverização, assim como umidades relativas de 45-60% apresentaram em média 2,36% a mais de valores obtidos no mesmo sensor, por fim na quarta classe, temperaturas maiores que 35°C apresentaram em média 22,97% a mais de valores obtidos no sensor instalado na parte externa da cabine do trator, enquanto que umidades relativas maiores que 60% apresentaram em média 9,58% a mais de valores obtidos no sensor instalado na barra de pulverização.

Na data 08/11/2015, umidades relativas de 45-60% apresentaram maior área de ocorrência obtidos no sensor instalado na barra de pulverização, fugindo do comportamento das outras datas testadas. Com exceção do exposto anteriormente, o comportamento das classes de temperatura e umidade relativa do ar, nas datas e locais de coleta testados foram os mesmos.

As classes de temperatura menor que 25°C e umidade relativa maior que 60%, apresentaram um comportamento diferente das demais, onde a porcentagem da área de ocorrência foi menor que o seu tempo de ocorrência, isto é, estas classes permaneceram por um longo tempo numa pequena área.

Figura 3.11 Área de ocorrência das classes de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas pelo sensor instalado na parte externa da cabine do trator (SPECT) e na barra de pulverização (SBP).



4. CONCLUSÕES GERAIS

O sistema desenvolvido nesta pesquisa é uma alternativa de baixo custo e de fácil utilização que permite a aquisição automática e georreferenciada de dados climáticos durante as pulverizações agrícolas.

Há diferença na distribuição da variabilidade espacial da temperatura e umidade relativa do ar, entre os sensores instalados na parte externa da cabine do trator e na barra de pulverização. O sensor instalado na barra de pulverização apresenta temperaturas inferiores e umidades relativas superiores aos valores obtidos pelo sensor instalado na parte externa da cabine do trator.

Com aquisição dos dados e técnicas de geoprocessamento é possível mapear a variabilidade espacial das condições climáticas durante as pulverizações agrícolas, mostrando-se uma ferramenta extremamente útil para auxiliar em programas de agricultura de precisão e tecnologia de aplicação.

5. REFERÊNCIAS

ABI-SAAB, O. J. G. **Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras no município de Londrina/PR.** 1996. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ALVARENGA, C. B.; CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M. Aspectos da avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais. **Idesia**, v. 29, p. 25-31, 2011.

ALVARENGA, C. B., TEIXEIRA, M. M., ZOLNIER, S., CECON, P. R., SIQUEIRA, D. L., RODRIGUÊS, D. E., RINALDI, P. C. N. Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Bioscience Journal**, v. 30, n.1, 2013.

BARROS, W. B. **Sistema de Automação Veicular com Arduino e Andróid.** 2012. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Sistemas para Internet) - Centro Universitário Adventista de São Paulo, São Paulo, 2012.

BOGENA, H. R., HERBST, M., HUISMAN, J. A., ROSENBAUM, U., WEUTHEN, A., & VERECKEN, H. Potential of wireless sensor networks for measuring soil water content variability. **Vadose Zone Journal**, v. 9, n.4, 1002-1013, 2010.

BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.** Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal com ênfase em Agricultura de Precisão da UNOCHAPECÓ. Chapecó-SC, 2011.

BONADIMAN, R. **Pontas de pulverização e volumes de calda no controle de *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) na cultura da soja *Glycine max*.** 2008 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BRUNINI, O. **Rede Meteorológica de Superfície do Estado de São Paulo.** Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/redemeteorologica/rede.htm. Acessado em 09/02/2016, v. 20, 2013.

CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F4 obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com 'Catimor'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, 2009.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle.** São Paulo: Teejet South America, 1999b. 15p. (boletim técnico, 4).

CIRANI, C. B. S; MORAES, M. A. F. D. de. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 48, n. 4, p. 543-565, 2010.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 48, n. 4, p. 565, 2011.

COELHO, A. M. **Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e cultura**, 2005. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/18887/1/Doc_46.pdf>. Acessado em 13/02/2016.

COSTA, A. G. F; VELINI, E. D; NEGRISOLI, E; CARBONARI, C.A; ROSSI, C. V.S; CORREA, M.R; SILVA, F. M. L; Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

FAGGION, F. **Desenvolvimento de métodos para estimar a quantidade de ar incluindo as gotas por pontas de pulverização com indução de ar.** 2002. 81p. Tese (Doutorado em Energia da Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

GEBBERS, R; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010.

HERNANDEZ, H. X; KALIL, F.**Redes de sensores sem fio (RSSF)- NEPCA, IMED, Brasil.** 2013.

JUNIOR, J.C.V.; VENTURA, L.C.G. **Automação do processo de pulverização de defensivos e mapeamento de plantio da produção.**2011. 62f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Positivo UP, Curitiba, 2011.

KOPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: Funep, 1990. 139p.

MCROBERTS, M. **Begging Arduino**. **Apress**. Nova Iorque: 2010.

MILLER, P. C. H. Spray drift and its measurement. In: MATTEWS, G. A.; HISLOP, E. C. Application technology for crop protection. CAB International: 1993. p. 101-122.
MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão – o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba, 2001.

MILLER, P. C. H. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 110-124.

MOLIN, J.P. Agricultura de precisão: situação atual e perspectivas. **Milho: Estratégias de Manejo para Alta Produtividade**, v. 1, p. 89-98, 2011.

NASCIMENTO, B.A; de OLIVEIRA, G. M; BALAN, M. G; HIGASHIBARA, L. R; ABI-SAAB, O. J. G. Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.2, p. 105-116, 2012.

NUYTTENS, D. et al. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 1: Meteorological conditions. **Aspects Appl. Biol.**, v. 77, p. 321-329, 2006.

OLIVEIRA, E.; DA SILVA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, Z. M. Eliminação de linhas em cafeeiros adensados por meio semimecanizado. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 31, n. 6, p. 1826-1830, 2007.

OLIVEIRA, L. **A geopolítica do desenvolvimento sustentável: reflexões sobre o encontro entre economia e ecologia**. Carta Internacional. 2012; 7 (1):118-39.

OZKAN, H. E. **Reduzindo a deriva nas pulverizações**. 2001. Disponível em: <http://www.comam.com.br>. Acesso em 31 de jan. 2016.

PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: agropecuária, 2002. 478p.

RAETANO, C. G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. 279p.

ROBERT, P. C. The economical feasibility of precision agriculture. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, 2002, Montpellier. **Proceedings...**Montepelier, 2002.

RODRIGUES, L. **Introdução ao Arduino**. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Campo Grande: 2012.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000, 2 edição, 128p.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação de Koppen para armazenamento climático do Estado de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. Lavras: UFLA, 2009.

SANTOS, F. **Agricultura de Precisão**. Disponível em <http://home.utad.pt/~fsantos/pub-fas/APE_Livro.pdf>. Acessado em: 13/02/2016.

SANTOS, I. M; DOTA, M. A; GUGNASCA. C. E. Visão geral da aplicabilidade de redes de sensores sem fio no monitoramento agrícola no estado de mato grosso. Congresso brasileiro de agricultura de precisão - conbap 2010 27 a 29 de setembro de 2010 - ribeirão preto - SP, Brasil, 2011.

SILVA, F. M. da; SOUZA, J. C. S. de; ALVES, M. C. Influence of manual harvest in the spatial variability of coffee yield and defoliation along two agricultural harvests. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 9., 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: CIGR, 2008. 1 CD-ROM.

SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2006.

SOARES, A. F; MANTOVANI, E. C. **Uso de interpoladores determinísticos na espacialização de algumas propriedades químicas dos solos para projetos de Agricultura de Precisão**. Trabalho apresentado, n. 1º, 2013.

SOUZA, Z. M. et al. Análise dos atributos do solo e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar com o uso da geoestatística e árvore de decisão. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 840-847, 2010.

SWINTON, S.M; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of sitespecific farming. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.11, n.4, p.439-449, 1998.

TANAKA, E. M; GARCIA, L. H. T; SIRIANI, A. L. R; SCALISSE, T. B. **Equipamento para mensuração do coeficiente de variação do espaçamento entre plantas na cultura do milho (zea mays)**. FATEC, POMPEIA. 2011.

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

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO. **Introdução à Plataforma de Desenvolvimento Arduino**. Disponível em: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/apresentacaoarduino.pdf>. 2012.

VELLOSO, J. A. R; GASSEN, D. N; JACOBSEN, L. A. Características da tecnologia de aplicação. In: **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1984. P. 10-14.

VIANA, R. G; FERREIRA, L. R; TEIXEIRA, M. M; CECON, P. R; FREITAS, F. C. L; QUIRINO, A. L. S; SANTOS, M.V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 211-218, 2007.

VIEIRA, L. **Meteorologia e climatologia agrícola**. 2009. Disponível em: <<http://www.dea.uem.br/disciplinas/meteorologia/meteorologiaagricola.pdf>>.

VILLAALBA, J; HETZ, E. Deriva de produtos agroquímicos – **Efecto de las condiciones ambientales**. **Tecnologia de aplicacion de agroquímicos**. CYTED. Cap.3.p. 45. 2010.

APÊNDICE

Programação da estação arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
#include <SHT1x.h>

#include <SPI.h>
#include <SD.h>
const int chipSelect = 4;
TinyGPS gps;
SoftwareSerial ss(10, 11);

SHT1x sht15_cabine(5, 7);
SHT1x sht15_barra(6, 7);

static void smartdelay(unsigned long ms);
static void print_float(float val, float invalid, int len, int prec);
static void print_int(unsigned long val, unsigned long invalid, int len);
static bool print_date(TinyGPS &gps);
static void print_str(const char *str, int len);
void gravarSensor();

char sz[32];
char nomeArquivo[32];
float flat, flon;
unsigned long age, date, time, chars = 0;
unsigned short sentences = 0, failed = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  ss.begin(9600);
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("ERRO");
```

```

    // don't do anything more:
    return;
}
Serial.println("OKAY");
while (print_date(gps) != true) {

    Serial.println();
}
delay(2000);
print_date(gps);

Serial.println(nomeArquivo);
Serial.println();
}

void loop() {
    unsigned long start = millis();
    gravarGPS();
    gravarSensor();
    gravarAnemometro();
    smartdelay(1000);
    while (millis() - start < 10000);

}

void gravarSensor() {
    float temp_c_cabine = sht15_cabine.readTemperatureC();
    //float temp_f = sht15_cabine.readTemperatureF();
    float humidity_cabine = sht15_cabine.readHumidity();
    float temp_c_barra = sht15_barra.readTemperatureC();
    float humidity_barra = sht15_barra.readHumidity();

    File dataFile = SD.open("sensores.csv", FILE_WRITE);

```

```

if (dataFile) {
  dataFile.print(sz);
  dataFile.print(",");
  dataFile.print(temp_c_cabine);
  dataFile.print(",");
  dataFile.print(humidity_cabine);
  dataFile.print(",");
  dataFile.print(temp_c_barra);
  dataFile.print(",");
  dataFile.print(humidity_barra);
  dataFile.print(",");
  dataFile.close();
}
else {
  Serial.println("error opening sensores.txt");
}

```

```

Serial.print("Temperature cabine: ");
Serial.print(temp_c_cabine, DEC);
Serial.print("C / ");
Serial.print("Humidity cabine: ");
Serial.print(humidity_cabine);
Serial.println("%");
Serial.print("Temperature barra: ");
Serial.print(temp_c_barra, DEC);
Serial.print("C / ");
Serial.print("Humidity barra: ");
Serial.print(humidity_barra);
Serial.println("%");
delay(2000);
}

```

```

void gravarGPS() {

```

```

print_date(gps);
gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
print_float(flat, TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE, 10, 6);
print_float(flou, TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE, 11, 6);
print_float(gps.f_altitude(), TinyGPS::GPS_INVALID_F_ALTITUDE, 7, 2);
print_float(gps.f_speed_kmph(), TinyGPS::GPS_INVALID_F_SPEED, 6, 2);

Serial.println();
File dataFile = SD.open("gps.csv", FILE_WRITE);
if (dataFile) {
  dataFile.println();
  dataFile.close();
}
else {
  Serial.println("error opening datalog.txt");
}
}

void gravarAnemometro(){
  float clicks=0;
  float velocidade=0;
  for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 4000;)
  {
    if(digitalRead(8)==HIGH){
      clicks++; //There is 1.492MPH for each click per second.
      while(digitalRead(8)==HIGH){

      }
    }
  }
}

velocidade=(clicks/4)*1.492;
Serial.println(velocidade);
File dataFile = SD.open("sensores.csv", FILE_WRITE);
if (dataFile) {

```

```

    dataFile.println(velocidade);
    dataFile.close();
}
else {
    Serial.println("error opening sensores.txt");
}

}

//*****NAO MEXA
AQUI*****
static void smartdelay(unsigned long ms){
    unsigned long start = millis();
    do
    {
        while (ss.available())
            gps.encode(ss.read());
    } while (millis() - start < ms);
}

static void print_float(float val, float invalid, int len, int prec)
{
    if (val == invalid)
    {
        while (len-- > 1)
            Serial.print('*');
        Serial.print(' ');
    }
    else
    {
        Serial.print(val, prec);
        //-----SD-CARD-----
        File dataFile = SD.open("gps.csv", FILE_WRITE);

```

```

if (dataFile) {
    dataFile.print(val, prec);
    dataFile.print(";");
    dataFile.close();
} else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
}
//-----/SD-CARD-----
int vi = abs((int)val);
int flen = prec + (val < 0.0 ? 2 : 1); // . and -
flen += vi >= 1000 ? 4 : vi >= 100 ? 3 : vi >= 10 ? 2 : 1;
for (int i = flen; i < len; ++i)
    Serial.print(' ');
}
smartdelay(0);
}

static void print_int(unsigned long val, unsigned long invalid, int len)
{
    char sz[32];
    if (val == invalid)
        strcpy(sz, "*****");
    else
        sprintf(sz, "%ld", val);
    sz[len] = 0;
    for (int i = strlen(sz); i < len; ++i)
        sz[i] = ' ';
    if (len > 0)
        sz[len - 1] = ' ';
    Serial.print(sz);
//-----SD-CARD-----
    File dataFile = SD.open("gps.csv", FILE_WRITE);
    if (dataFile) {
        dataFile.print(sz);
    }
}

```

```

    dataFile.print(";");
    dataFile.close();
}
else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
}
//-----/SD-CARD-----
smartdelay(0);
}

static bool print_date(TinyGPS & gps)
{

    bool aux = false;
    int year;
    byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
    unsigned long age;
    gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute, &second, &hundredths,
&age);
    if (age == TinyGPS::GPS_INVALID_AGE)
        Serial.print("***** ");
    else
    {
        //char sz[32];
        sprintf(sz, "%02d/%02d/%02d; %02d:%02d:%02d ",
            day, month, year, hour - 2, minute, second);
        sprintf(nomeArquivo, "%02d_%02d_%02d-%02d.%02d.%02d.txt",
            day, month, year, hour - 2, minute, second);
        //-----SD-CARD-----
        File dataFile = SD.open("gps.csv", FILE_WRITE);
        if (dataFile) {
            Serial.print(sz);
            dataFile.print(sz);
            dataFile.print(";");

```

```

    dataFile.close();
}
else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
}
//-----/SD-CARD-----

    aux = true;
}
//print_int(age, TinyGPS::GPS_INVALID_AGE, 5);
smartdelay(0);
return aux;
}

static void print_str(const char *str, int len)
{
    int slen = strlen(str);
    for (int i = 0; i < len; ++i) {
        Serial.print(i < slen ? str[i] : ' ');
        //-----SD-CARD-----
        File dataFile = SD.open("gps.csv", FILE_WRITE);
        if (dataFile) {
            dataFile.print(i < slen ? str[i] : ' ');
            dataFile.close();
        }
        else {
            Serial.println("error opening datalog.txt");
        }
        //-----/SD-CARD-----
    }
    smartdelay(0);
}
//*****

```