

Potencial de aplicação da Agrometeorologia em Agricultura de Precisão para produção de grãos

Genei Antonio Dalmago*¹, Gilberto Rocca da Cunha*²,
João Leonardo Fernandes Pires*³, Anderson Santi*³, Elizandro Fochesatto*⁴

¹Pesquisador, Embrapa Trigo, BR 285 km 294, Passo Fundo, RS. B. CNPq/PQ

²Pesquisador, Embrapa Trigo, BR 285 km 294, Passo Fundo, RS. B. CNPq/DT

³Pesquisador, Embrapa Trigo. BR 285 km 294, Passo Fundo, RS

⁴Aluno de Mestrado do PPG-Fitotecnia/Agrometeorologia da UFRGS

*E-mails: genei.dalmago@embrapa.br, gilberto.cunha@embrapa.br, joao.pires@embrapa.br, anderson.santi@embrapa.br, elizandrofochesatto@hotmail.com

Resumo: A pesquisa em agricultura de precisão tem feito progressos em várias áreas do conhecimento, enquanto que, outras áreas ainda foram pouco exploradas. É possível que este foco de pesquisa restrito esteja dificultado a compreensão de respostas das culturas agrícolas, pelo fato de não se dispor de todas as informações e/ou por não estarem sendo interpretadas na visão geral do sistema. O objetivo deste estudo é apresentar o potencial de inserção de novas variáveis e análises adicionais de outros fatores envolvidos nas respostas das culturas de grãos, que ainda não foram abordadas em áreas agrícolas com Agricultura de Precisão. Esta pesquisa foi focada no potencial de contribuição da agrometeorologia e suas interfaces nas explicações de respostas produtivas de áreas cultivadas com Agricultura de Precisão. Dois aspectos importantes foram destacados: a presença de microclimas em lavouras e da contribuição de variáveis agrometeorológicas para a explicação dos processos envolvidos na produção. Essencialmente, o texto aborda a importância da agrometeorologia e áreas afins para a produção agrícola, a formação e identificação de microclimas em lavouras e variáveis do microclima/agrometeorológicas e de plantas, com potencial de aplicação na Agricultura de precisão. A agrometeorologia e áreas de interface relacionadas podem contribuir para a compreensão dos processos envolvidos na produção de culturas de grãos em Agricultura de Precisão.

Palavras-chave: manejo sitio-específico, microclima, micrometeorologia, monitoramento agrometeorológico

Potencial de aplicação da Agrometeorologia em Agricultura de Precisão para produção de grãos

Abstract: Precision Agriculture researches have made progresses in several knowledge areas, but some related research fields are still poorly exploited. It is possible that this restricted research focus can difficult a fully understanding of crop responses, once the lack of information and/or misinterpretation of the data difficult the system overview. The objective of this study was to present the insertion potential of new variables and additional analysis of other factors involved in the crop responses, which have not yet been addressed in farming areas managed with Precision Agriculture. This research was focused on the contribution potential of agrometeorology and its interfaces on the explanations related to crop production responses in areas cultivated with Precision Agriculture. Two important aspects were highlighted: presence of microclimates in the crop field and the contribution of agrometeorological variables for the explanation of processes involved in the crop production. Essentially, the text addresses the importance of the agrometeorology and related areas on the agricultural production, the formation and identification of microclimates in the crop field and, microclimatic/ agrometeorological and plant variables with application potential in Precision Agriculture. The agrometeorology and related interface areas can contribute in the comprehension of the processes involved in the crop production under Precision Agriculture.

Keywords: specific-site management, microclimate, micrometeorology, agrometeorology monitoring



1. Introdução

A Agricultura de Precisão tem avançado nos últimos anos, em todo o mundo, com aplicações em praticamente todas as áreas da agropecuária. No caso da agricultura, inúmeras pesquisas foram realizadas com o objetivo de compreender e explicar a variabilidade da produção dentro de uma lavoura, buscando elementos para aprimorar o manejo geral das áreas, com a finalidade de aumentar a produção e reduzir custos. É fato, que avanços significativos têm sido feitos no manejo sitio-específico para diferentes culturas agrícolas.

Na medida em que resultados promissores têm surgido, também apareceram muitos entraves ao avanço desta tecnologia, que precisam ser resolvidos pela pesquisa. Entre esses entraves está a falta de consistência nos resultados obtidos por diferentes grupos que trabalham com o tema. É conhecida, por exemplo, a baixa correlação entre diversas variáveis e o rendimento de grãos de culturas agrícolas, ou, praticamente a falta de correlação. Neste cenário, é possível especular algumas causas que podem estar envolvidas, na falta de correlação entre o rendimento de grãos e as variáveis que explicam essa resposta. Um dos aspectos é o viés que a técnica tem, por ter sido inserida no meio científico/acadêmico via mecanização agrícola, com forte vinculação na avaliação e manejo dos atributos químicos do solo, como principais elementos determinantes da produção das culturas agrícolas. No início, a estratégia foi promissora, mas o tempo tem mostrado que a mesma não foi suficiente e, ao contrário do que se preconizava, a estratégia de correção da fertilidade química do solo unicamente, parece estar causando variabilidade no solo, pelo menos no sentido vertical do perfil.

A ênfase dada à pesquisa dos atributos químicos e, mais recentemente físicos do solo, tem levado ao desenvolvimento rápido de soluções tecnológicas e de sua transferência ao setor produtivo, criando estruturas de apoio, com altos investimentos. Isso fez com que outras áreas do conhecimento agrônomo fossem colocadas em segundo plano, como a produção biológica da planta, o controle de pragas, doenças e de plantas daninhas, bem como outros princípios consagrados, como a rotação de culturas, escalonamento de épocas de semeadura, controle integrado de pragas, entre

outras, que, na sua essência são também aspectos relacionados à Agricultura de Precisão. A inserção de outras variáveis poderá agregar conhecimento a interpretação de dados e contribuir na explicação de respostas observadas.

A proposta deste trabalho é apresentar o potencial de inserção de variáveis ligadas a agrometeorologia, para auxiliar na explicação de respostas das culturas produtoras de grãos, em áreas manejadas com a filosofia de agricultura de precisão. Trata-se da inserção de novas variáveis ao processo de compreensão/explicação das respostas das plantas, como a radiação solar, a temperatura e umidade do ar e a velocidade do vento, entre outras.

2. Conceito e importância da Agrometeorologia/micrometeorologia agrícola

A agrometeorologia é a área das ciências agrárias que estuda as condições atmosféricas e suas consequências no ambiente rural (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). A micrometeorologia agrícola é um ramo da ciência atmosférica e da agrometeorologia, que estuda fenômenos de variação diária em micro escala até, aproximadamente dois metros acima da superfície (GEIGER, 1961). Na agronomia, a micrometeorologia estuda os fluxos térmicos e hídricos associados às plantas, bem como as relações com outros fatores bióticos e abióticos, que interferem na produção das mesmas. O microclima é, portanto, o conjunto de fenômenos que ocorrem na camada de ar junto ao solo ou à cultura (GEIGER, 1961).

Na camada de ar junto ao solo são encontradas condições altamente diversas em pequenas escalas de tempo e de espaço. O atrito aumenta quanto mais próximo a superfície e isso tem forte implicação em fenômenos de deslocamento linear e turbulento dos fluxos. Nessa camada de ar é onde se desenvolvem as plantas, especialmente no início do crescimento, quando são mais sensíveis às intempéries e mais sujeitas a danos causados por condições estressantes. Com o crescimento das plantas, a influência da camada de ar superficial perde importância, e a condição microclimática vai sendo alterada, criando um microclima

diferente do anterior, com novas relações se estabelecendo entre os fatores (GEIGER, 1961).

Os fatores que influenciam o microclima são de diferentes naturezas. O primeiro, e talvez o principal, é o tipo de cobertura existente sobre o solo e sua altura. A presença de vegetação em crescimento ou simplesmente morta, cria microclimas diversos, que diferem na absorção de radiação solar e nas trocas dos fluxos térmicos e hídricos. Por exemplo, a vegetação em franco crescimento transfere mais vapor d'água para o ar ao seu redor do que uma vegetação morta. Ainda, o microclima pode ser afetado pelas características do solo, especialmente pela capacidade em reter mais ou menos água, pois, além de criar microambientes mais ou menos úmidos, também interferem nas trocas térmicas do solo, devido ao alto poder calorífico da água. Ademais, diferenças mínimas no declive do solo podem favorecer o deslocamento do ar frio para locais mais baixos do terreno (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). A declividade do terreno ainda afeta a quantidade de energia que chega a sua superfície durante o dia. O conhecimento destes processos e suas relações de troca são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de manejo das culturas agrícolas e seus ambientes para aproveitar o potencial de recursos naturais, especialmente em ambientes mais frágeis.

3. Formação e/ou identificação de microclimas em lavouras de grãos

A formação de microclimas em uma lavoura de grãos envolve diversos fatores, localizados no entorno da lavoura e dentro da mesma, muitos dos quais podem ser manejados. A magnitude do efeito destes fatores depende da intensidade da presença dos mesmos, da qualidade, da distribuição, da persistência, da cor, do arranjo, bem como da evolução do ciclo da cultura e porte final da mesma (CASTILHO; SENTÍS, 1996).

Os fatores do entorno da lavoura que podem favorecer a formação de microclimas são basicamente dois, quais sejam: a presença ou ausência de vegetação de grande porte no entorno e a exposição da lavoura, se em área mais aberta ou mais protegida. O efeito de vegetação, de grande porte, no entorno tem alcance dentro da lavoura,

que pode chegar até 30 vezes a altura da vegetação, muito embora esse efeito seja dependente da densidade, da posição da vegetação e da variável ambiental em questão (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Se a área for grande, o efeito mais significativo ocorrerá na borda da lavoura, mas se o tamanho da lavoura for pequeno, praticamente todo o ambiente pode ser alterado por essa estratégia.

Com relação à exposição da lavoura, dois aspectos podem formar microclimas na lavoura. Em áreas com localização mais exposta, como no topo de áreas onduladas, a cultura tende a ficar mais exposta ao vento e menos sujeita à geadas, em regiões como o Sul do Brasil. Essa condição cria nestas áreas um microclima diferente de áreas mais baixas, em que a ação do vento, por exemplo, é menor, mas fenômenos como geadas tendem a ter efeitos prejudiciais mais severos. Em áreas mais expostas, também ocorre a redução do potencial de doenças, em virtude da redução do período de molhamento foliar, principalmente pela maior velocidade do vento. Esse tipo de exposição de lavouras é relativamente comum no Sul do Brasil. O outro aspecto é a exposição da lavoura em função da declividade, o que também é comum no Sul do Brasil. Uma lavoura, cuja face seja exposta para o Sul, recebe, proporcionalmente, menos radiação solar durante o inverno, do que uma lavoura com exposição Norte. Isso faz com que haja menos energia disponível para os processos de produção das plantas, podendo repercutir na redução do rendimento de grãos e/ou no atraso da ocorrência de estádios fenológicos, impactando sobre o manejo da cultura. Além disso, lavouras com planos de declividade variável favorecem o escoamento do ar frio, que se forma nas partes altas, para a parte mais baixa da lavoura, aumentando o efeito negativo de geadas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Os microclimas dentro da lavoura podem ser classificados em dois grupos, aqueles estáticos, que são originados pela configuração da superfície e aqueles dinâmicos, que dependem do manejo do solo e/ou da cultura e do crescimento das plantas. Entre os microclimas estáticos, o que mais se destaca é a presença de áreas mais baixas, oriundas das configurações naturais do terreno. Nestas áreas, há tendência de concentração de maior umidade do solo e acumulação de ar frio durante

o inverno, criando ambientes diferenciados para o desenvolvimento de pragas e doenças. Estes microambientes podem também ser gerados pelo manejo inadequado do solo, o qual pode criar micro ondulações com diferente umidade do solo. Outro fator que gera microclimas é a variabilidade de cobertura do solo, normalmente, formada por palha das culturas anteriores (CUTFORTH; ANGADI; McCONKEY, 2006). A presença de palha, a forma de distribuição da mesma, a quantidade e a cor da palha afetam a energia disponível na superfície para aquecimento do solo e para as trocas gasosas e aquecimento do ar (SHEWN & TANNER, 1990). Por exemplo, coberturas do solo mais claras refletem maior quantidade de energia do que coberturas mais escuras, resultando em menor quantidade de energia. Por outro lado, a variabilidade na distribuição da palha, com locais com mais ou menos palha, ou até mesmo sem palha, submetem as plantas, principalmente no início do ciclo, a condições diferenciadas de estresse, especialmente estresse hídrico, devido à mudança no balanço de radiação solar e de energia (COMIRAN et al., 2007; HECKLER et al., 2007). Dependendo da intensidade do estresse e da disponibilidade de água no solo, pode ocorrer morte de plantas, causando manchas na lavoura, com menor população de plantas. Esse tipo de microclima pode ser observado antes da cobertura total do solo pelas plantas, principalmente, em anos com ocorrência de estiagens, no início do ciclo das culturas.

A formação de microclimas ocorre também dentro dos dosséis e a caracterização dos mesmos muda com o crescimento das plantas. A medida que as plantas crescem, uma camada maior de ar fica com movimentos reduzidos, mantendo, normalmente maior umidade do ar do que o ar acima da cultura. Ao mesmo tempo, o crescimento da área foliar e seu arranjo espacial, reduz a quantidade de radiação solar que chega a superfície do solo, em relação à quantidade de radiação solar que chega no topo da cultura (BERGAMASCHI et al., 2010). Essas condições podem ser formadas também, pelo manejo da cultura e/ou tipo de planta utilizada na formação das lavouras. Por exemplo, uma cultivar de porte baixo e com folhas eretas facilita a entrada de radiação solar no dossel e também os movimentos

de trocas térmicas e gasosas, entre o dossel e a camada de ar acima. Esse processo também ocorre pela mudança no arranjo de plantas (espaçamento e população de plantas) (KUNZ et al., 2007). O aumento da população de plantas, ou redução do espaçamento entre linhas, favorece a formação de uma camada estanque de ar e a área foliar rapidamente extingue a radiação solar, que chega ao solo, mantendo o ar do interior do dossel com maior umidade relativa, o que aumenta o potencial de doenças. A modificação do padrão dos dosséis pode ser causada também pelo uso da adubação nitrogenada e pelo uso de redutores de crescimento de planta.

Outra forma de se obter microclimas diferenciados dentro de uma lavoura é por meio do cultivo em faixas, com diferentes espécies, que apresentem estatura final de planta diferente, como, por exemplo, milho e soja ou milho e feijão. Neste caso, o milho funciona como uma espécie de quebra vento para a cultura de porte menor. Isso reduz a força de arraste do vento reduzindo as trocas gasosas da espécie de menor tamanho, especialmente, as trocas hídricas, demorando mais tempo para entrar em déficit hídrico. O tamanho de faixa varia para cada integração de espécies, mas como regra geral, quanto maior a diferenças de estatura entre espécies, mais ampla poderá ser a faixa da espécie de menor porte. No entanto, o efeito será maior ou menor dependendo da velocidade do vento e da direção que o mesmo sopra.

O uso de quebra-vento com espécies florestais é outra estratégia que pode ser utilizada para criar microclimas dentro de uma lavoura de grãos (CASTILHO; SENTÍS, 1996). A implantação de linhas de árvores, perpendicular a direção predominante dos ventos, protege a cultura de grãos que está à jusante. Embora possa reduzir a disponibilidade de radiação solar, devido ao sombreamento, há relatos de pesquisa que mostram redução da perda de água pelas plantas, mantendo-as por mais tempo sob uma condição hídrica favorável à produção biológica. A redução da velocidade do vento pelo quebra-vento ajuda também a reduzir o transporte de inóculo de algumas doenças nas plantas protegidas. A forma como pode ser construído um quebra vento pode ser observada em Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002).

Além dos fatores geradores de microclimas em lavouras de grãos, já citados anteriormente, existem outros em potencial. A variabilidade de tipos de solos, que existe em uma lavoura, pode ocasionar diferenças no desenvolvimento de plantas, principalmente, quando ocorrem eventos meteorológicos extremos. Solos compactados ou com outros tipos de impedimentos físicos ou químicos na subsuperfície, também podem causar variabilidade no estande de plantas e no crescimento das mesmas. Ataques de pragas e/ou doenças em áreas concentradas dentro de uma lavoura causam estresse nas plantas e podem reduzir o estande de plantas e da área foliar das culturas. Essas e outras ações bióticas ou abióticas geram bolsões de microclimas que podem influenciar o desempenho produtivo das culturas de grãos.

4. Variáveis micrometeorológicas e de resposta de planta que podem ser monitoradas

A caracterização de microclimas pode ser realizada a partir de dados de medição ou do monitoramento de variáveis ambientais ao longo tempo. Entre essas variáveis destacam-se: balanço de radiação, balanço de energia, temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, molhamento foliar, precipitação pluvial, umidade do solo, fluxo de calor para o solo e temperatura do solo, entre outras. Algumas destas variáveis são medidas no solo ou apenas dentro do dossel e outras podem ser medidas acima do dossel, especialmente as variáveis ligadas às trocas gasosas, as quais permitem identificar, por exemplo, a demanda evaporativa da atmosfera. Também, podem ser medidas respostas ecofisiológicas das plantas, como a interceptação de radiação solar, temperatura das folhas, condutância estomática e potencial da água nas folhas, as quais integram as relações no sistema solo-planta-atmosfera.

A radiação solar é o principal elemento meteorológico relacionado à produção biológica, por afetar diretamente a fotossíntese das plantas e por fornecer a energia para outros processos no sistema solo-planta-atmosfera (CASTILHO; SENTÍS, 1996; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Em uma comunidade

vegetal a importância deste elemento é melhor reconhecida quando é feito o balanço de radiação. As variáveis que podem ser obtidas para auxiliar na interpretação dos resultados de uma cultura de grãos são a radiação solar interceptada e/ou absorvida pela cultura e a radiação solar refletida pelo dossel, as quais possibilitam estimar a eficiência de interceptação e o coeficiente de extinção de luz pela cultura (MONTEITH; UNSWORTH, 1990). Esses resultados podem ser relacionados com o índice de área foliar e com a matéria seca das plantas (KUNZ et al., 2007) e inferir o potencial produtivo de cada local de medição, uma vez que, quanto maior a biomassa, maior é o potencial de produção de grãos. O monitoramento da radiação solar dentro do dossel é importante também para avaliar momentos de estresse da cultura, como o que ocorre, em dias de alta demanda evaporativa da atmosfera. Nestas condições as plantas, por exemplo, de milho, enrolam as folhas permitindo maior incidência de radiação na superfície do solo.

Juntamente com o balanço de radiação solar (HECKLER et al., 2007) é possível determinar o balanço de energia no sistema solo-planta-atmosfera, ou seja, definir para que é utilizada a energia presente no ambiente (COMIRAN et al., 2007). Desprezada a energia para a fotossíntese, o restante é utilizado para o aquecimento do solo (5 a 10%), e para as trocas de calor latente (evaporação da água do solo e a transpiração das plantas) e calor sensível (aquecimento do ar), entre a atmosfera e o conjunto solo-planta. Quando há água disponível no solo a maior parte do saldo de radiação é utilizada para a evapotranspiração, mas quando o ambiente é seco, a maior parte da energia é utilizada para o aquecimento do ar. Desta forma, a determinação do balanço de energia e suas componentes, em uma lavoura de grãos, podem auxiliar na compreensão das diferenças de perda de água entre pontos.

A temperatura e a umidade do ar são duas variáveis de grande importância agrícola para monitoramento em lavouras, dentro e acima do dossel. Em separado, ambas apresentam aplicações na caracterização do microambiente, dando ideia da disponibilidade térmica e hídrica. No caso da temperatura do ar, talvez, a aplicação direta mais importante seja o monitoramento da ocorrência de geada dentro da lavoura,

em áreas onduladas, onde, normalmente, se observa maior intensidade do fenômeno nas baixadas, em relação a áreas de maior elevação. Para a umidade relativa do ar, a aplicação de maior impacto é como indicador do potencial de desenvolvimento de doenças. No entanto, quando avaliadas conjuntamente a temperatura e a umidade relativa do ar permitem avaliações integradas do sistema solo-planta-atmosfera, especialmente na avaliação da dinâmica hídrica a partir da estimativa do déficit de saturação de ar (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), que expressa a capacidade do ar de absorver vapor d'água e, portanto, o potencial de perda de água do sistema, se o mesmo tiver água disponível.

A variação da temperatura e da umidade relativa do ar, durante a noite, é responsável pela formação do orvalho, cuja intensidade dependerá da intensidade de redução da temperatura do ar e da quantidade de vapor d'água presente no ar. Após a formação do orvalho, as condições da atmosfera determinarão o tempo de duração do mesmo sobre as plantas, o que define o período de molhamento foliar. O molhamento foliar e o período de duração, também ocorrem com a precipitação pluvial e pelas condições atmosféricas que se estabelecem após a precipitação pluvial. Com a presença de vento, o orvalho normalmente não se forma, ou é rapidamente removido pelas trocas de ar junto às plantas, reduzindo o período de molhamento foliar. Após a precipitação pluvial, o vento também reduz o tempo em que as folhas ficam molhadas. O molhamento foliar, independente da causa, tem forte influência sobre o estabelecimento e a progressão de doenças. Por isso, em áreas mais expostas do terreno, como na parte alta, onde o efeito do vento é maior, em comparação com áreas de baixadas ou menos expostas, tendem a apresentar menor probabilidade de ocorrência de doenças.

A precipitação pluvial é, provavelmente, a variável meteorológica com maior variabilidade espacial, no Rio Grande do Sul durante o verão, em relação às demais estações do ano. A variabilidade da precipitação pluvial é observada inclusive dentro de uma lavoura e/ou propriedade agrícola. Por isso, a estimativa do balanço hídrico adequado deve levar em conta a precipitação pluvial medida em cada ponto dentro da lavoura, uma vez que a diferença espacial de distribuição pode levar a

diferenças de disponibilidade de água no solo às plantas e, conseqüentemente, influenciar o estado hídrico das plantas e a resposta produtiva.

O monitoramento da variabilidade hídrica de uma lavoura, feito com base na condição hídrica da planta, permite a compreensão integrada do sistema, uma vez que a planta responde, ao mesmo tempo, à disponibilidade de água no solo e a demanda evaporativa da atmosfera. Essa estratégia é mais segura do que a avaliação apenas da disponibilidade de água no solo, por contemplar também o efeito do crescimento e da distribuição do sistema radicular das plantas, pois não basta apenas ter água disponível no solo se as plantas não conseguem absorver. Entre os indicadores para esse monitoramento tem-se o potencial da água na folha, a condutância estomática e a temperatura da folha (BERGONCI; PEREIRA, 2002), os quais representam o estado hídrico momentâneo da planta. A medida que a água do solo é extraída e não é repostada a planta entra em déficit e o potencial da água na folha e a condutância estomática se reduzem, enquanto a temperatura da folha aumenta, devido a redução da dissipação do calor pela transpiração. No caso de distribuição irregular da precipitação pluvial ou diferenças em termos de retenção de água no solo e disponibilidade às plantas, esses indicadores acusariam distintos estados hídricos das plantas e poderiam auxiliar no entendimento das respostas das culturas. A utilização, em áreas de agricultura de precisão, que normalmente são bem maiores do que área de experimentos é complexa devido à necessidade de vários conjuntos de equipamentos e uma equipe grande de pessoas para operacionalização, implicando em custos elevados. No caso da temperatura da folha, a medição é facilitada pela automação do sistema de coleta de dados, via termômetros infravermelhos acoplados a dataloggers.

5. Considerações finais

A Agricultura de Precisão é uma filosofia de produção agrícola que contribui na busca de uma agricultura mais sustentável. O avanço que foi feito até o momento trouxe um conjunto muito grande de informações e conhecimentos, que permitiram avanços significativos em conceitos

de produção agrícola e, principalmente, no desenvolvimento de áreas como a mecanização agrícola e o manejo das culturas, com o objetivo de potencializar rendimentos de grãos e obter redução de custos. Embora, em alguns casos, isso tenha sido possível é também muito evidente que, em outros, não foram obtidos avanços, especialmente quanto à busca de explicações para determinadas respostas das culturas, sejam elas esperadas ou não. Nesse contexto, é compreensível a necessidade de novos olhares sobre a Agricultura de Precisão, integrando-a, cada vez mais, dentro de um sistema, para potencializar sua efetividade, quanto à potencialização de rendimentos de grãos e redução de custos, mas também melhorar sua inserção em outros campos do conhecimento agrícola. Entre as áreas que podem ser integradas a Agricultura de Precisão e que podem contribuir no avanço do entendimento dos processos está a área da agrometeorologia, especialmente com a subárea da micrometeorologia, a qual contribuir para o entendimento de microclimas, que existem dentro das lavouras.

Referências

- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; KRÜGER, C. A. M.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Intercepted solar radiation by maize crops subjected to different tillage systems and water availability levels. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 12, p. 331-1341, 2010.
- BERGONCI, J. I.; PEREIRA, G. B. Comportamento do potencial da água na folha e da condutância estomática do milho em função da fração de água disponível no solo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 10, n. 2, p. 229-235, 2002.
- CATILLO, F. E.; SENTÍS, F. C. *Agrometeorología*. Madrid: Monterreina, 1996. 517 p.
- COMIRAN, F.; BERGAMASCHI, H.; HECKLER, B. M. M.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; MARTORANO, L. G.; KUNZ, J. H.; DALSIN, F. Trocas de energia na superfície do solo em plantio direto e preparo convencional: II. Balanço de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2007, Aracaju. Anais... Aracaju: SBA, 2007. 1 CD-ROM.
- CUTFORTH, H. W.; ANGADI, S. V.; MCCONKEY, B. G. Stubble management and microclimate, yield and water use efficiency of canola grown in the semiarid Canadian prairie. *Canadian Journal Plant Science*, v. 86, p. 99-107, 2006. <http://dx.doi.org/10.4141/P05-073>
- GEIGER, R. *Manual de micrometeorologia: o clima da cama de ar junto ao solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556 p.
- HECKLER, B. M. M.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; MARTORANO, L. G.; KUNZ, J. H.; DALSIN, F. Trocas de energia na superfície do solo em plantio direto e preparo convencional: I. Balanço de radiação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2007, Aracaju. Anais... Aracaju: SBA, 2007. 1 CD-ROM.
- KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 11, p. 511-1520, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007001100001>
- MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. *Principles of environmental physics*. Sevenoaks: Edward Arnold, 1990. 291 p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- SHEWN, Y.; TANNER, C. B. Radiative and conductive transport of heat through flail-chopped corn residue. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 54, n. 3, p. 653-658, 1990.