

**LEIDIANE PORTUGAL**

**ANÁLISE DE PRESERVAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO NA CULTURA IRRIGADA DE  
LÚPULO COM O USO DE COBERTURA MORTA**

**Botucatu**

**2021**



**LEIDIANE PORTUGAL**

**ANÁLISE DE PRESERVAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO NA CULTURA IRRIGADA DE  
LÚPULO COM O USO DE COBERTURA MORTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Irrigação e Drenagem

Orientadora: Prof. Dr. Valéria Cristina Rodrigues Sarnighausen

Coorientador: Prof. Dr. Enzo Dal Pai

**Botucatu**

**2021**

P853a Portugal, Leidiane  
Análise de preservação de água no solo na cultura irrigada de lúpulo com o uso de cobertura morta / Leidiane Portugal. -- Botucatu, 2021  
84 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu  
Orientadora: Valéria Cristina Rodrigues Samighausen  
Coorientador: Enzo Dal Pai

1. Humulus lupulus L.. 2. Irrigação. 3. Cobertura morta. I.  
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE DE PRESERVAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO NA CULTURA IRRIGADA DE LÚPULO COM O USO DE COBERTURA MORTA

AUTORA: LEIDIANE PORTUGAL

ORIENTADORA: VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN

COORIENTADOR: ENZO DAL PAI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:

Prof.ª Dr.ª VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN (Participação Virtual)  
Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu - UNESP

7abr: Prof. Dr. SERGIO AUGUSTO RODRIGUES (Participação Virtual)  
Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu - UNESP

7abr: Pesquisadora Dr.ª MARIANA MENDES FAGHERAZZI (Participação Virtual)  
Agronomia e Veterinária / Universidade do Estado de Santa Catarina

Botucatu, 28 de janeiro de 2021



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

Aos meus pais, Tarlei Afonso Portugal e Vitar Aparecida da Silva, por sempre apoiarem e acreditarem em mim.

Aos meus irmãos Kelle Cristina Portugal e Tarlei Afonso Portugal Júnior pelo apoio e incentivo sempre que preciso para avançar sempre mais e a Isadora Reis por ser alguém que me faz querer mostrar que pode-se chegar onde quiser.

A minha orientadora Profa. Dra. Valéria Cristina Rodrigues Sarnighausen, pela paciência, apoio, ensinamentos, incentivo e confiança durante o período de pós-graduação.

Ao meu coorientador Enzo Dal Pai pelo apoio.

Aos amigos e colegas de grupo de estudo, em especial, João Jesus, Francielly, Renan, João Victor, Mateus e Eunice, pela ajuda e apoio durante a condução.

A Camila Nunes por estar presente do início ao fim dessa fase, me apoiando e incentivando em períodos turbulentos, se fazendo essencial para a conclusão do processo.

Ao professor Sérgio Augusto Rodrigues e João Carlos Cury Saad pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa.

Ao técnico de laboratório Gilberto Winckler por toda a ajuda e suporte.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem pelo conhecimento transmitido através dos docentes e aporte financeiro na pesquisa para aquisição de material.

À UDESC- Campus Lages/SC, aos pesquisadores Léo Rufato e Mariana Mendes Fagherazzi pela parceria e doação de material vegetativo para a realização do experimento.

Ao grupo de estudos LUPAM-Lúpulo: Aplicações e Manejo.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento do experimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



“*Sapere aude!* Tenha coragem de fazer uso do seu próprio entendimento”.

KANT, I. Fundamentação da metafísica dos costumes.  
Tradução de Paulo Quintela. 70 ed. Lisboa, 2005.



## RESUMO

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é originário do hemisfério norte, sua adaptação ao clima tropical encontrado no Brasil ainda está em curso e fatores como temperatura, horas de luz por dia (fotoperíodo) e a altitude devem ser considerados. Há uma carência de informações sobre as necessidades edafoclimáticas frente às condições do território nacional visto que a cultura ainda está em expansão no país. Muito tem se falado sobre o uso racional de recursos naturais, como a água, insumos, e a adubação química, dessa forma, em relação à sustentabilidade do cultivo do lúpulo, uma solução viável seria a aplicação de palhada ou serragem, para auxiliar na preservação da umidade e melhorar os atributos químicos e físicos do solo. Considerando a necessidade de uso racional de recursos hídricos, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da palhada e da serragem como cobertura do solo na cultura do lúpulo da cultivar Mapuche, no que tange à preservação de água no solo. A pesquisa foi conduzida no Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia – DBB, da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/Unesp, Campus de Botucatu. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três tratamentos (solo descoberto, serragem e palhada de aparas de grama) e três blocos, sendo cada bloco representado por uma linha de plantio. As coberturas mortas promoveram uma maior retenção de água no solo, sendo de 5,75% superior para serragem e de 7,17% superior para grama, quando comparado ao tratamento controle, além de uma redução de 54,4% e 62,5% no consumo de energia nos tratamentos com serragem e grama, respectivamente, quando comparadas ao tratamento controle. As massas frescas e secas e diâmetro de caule não diferenciaram entre os tratamentos. Parâmetros como pluviosidade e radiação tiveram influência direta na umidade apresentada no solo.

**Palavras-chave:** *Humulus lupulus*. Umidade do solo. Palhada. Serragem.



## ABSTRACT

Hops (*Humulus lupulus* L.) are native to the northern hemisphere, their adaptation to the tropical climate found in Brazil is still ongoing and factors such as temperature, hours of light per day (photoperiod) and altitude must be considered. There is a lack of information on the edaphoclimatic needs in view of the conditions of the national territory since the culture is still expanding in the country. Much has been said about the rational use of natural resources, such as water, inputs, and chemical fertilization, so in relation to the sustainability of hop cultivation, a viable solution would be the application of straw or sawdust, to assist in the preservation moisture and improve the chemical and physical attributes of the soil. Considering the need for rational use of water resources, this work aimed to evaluate the influence of straw and sawdust as soil cover in the hop culture of the Mapuche cultivar, with regard to the preservation of water in the soil. The research was conducted at the Department of Bioprocesses and Biotechnology - DBB, Faculty of Agronomic Sciences - FCA / Unesp, Botucatu Campus. The experimental design was in randomized blocks, with three treatments (bare soil, sawdust and grass clippings) and three blocks, with each block represented by a planting line. Dead coverings promoted greater water retention in the soil, being 5.75% for sawdust and 7.17% for grass, when compared to the control treatment, in addition to a reduction of 54.4% and 62.5% in the consumption of energy in the treatments with sawdust and grass, respectively, when compared to the control treatment. The fresh and dry masses and stem diameter did not differ between treatments. Parameters such as rainfall and radiation had a direct influence on soil moisture.

**Keywords:** *Humulus lupulus*. Soil moisture. Straw. Sawdust.



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	A cultura do lúpulo.....	17
2.2	Irrigação.....	22
2.3	Uso de cobertura do solo na agricultura.....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Localização e caracterização da área experimental.....	26
3.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	27
3.3	Caracterização da planta.....	27
3.4	Caracterização do solo.....	29
3.5	Preparo do solo.....	30
3.6	Sistema de condução.....	31
3.7	Adubação.....	32
3.8	Cobertura Vegetal.....	33
3.9	Irrigação.....	34
3.10	Curva de retenção de água no solo.....	36
3.11	Lâminas de irrigação.....	38
3.12	Análise meteorológica.....	39
3.13	Características avaliadas no solo.....	41
3.13	Características avaliadas na planta.....	42
3.14	Análise estatística dos resultados.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1	Caracterização meteorológica.....	45
4.2	Parâmetros do solo.....	57
4.3	Fatores climáticos x cobertura do solo.....	64
4.4	Parâmetros da planta.....	68
5	REVESES DA PESQUISA.....	73
6	CONCLUSÃO.....	76
	REFERÊNCIAS.....	77



## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é originária do hemisfério norte, região que compreende a Europa e Ásia. É uma das quatro matérias-primas utilizadas na produção da cerveja, junto a água, malte e leveduras. Na inflorescência feminina, conhecida como cone, é que são encontrados os metabólitos secundários que conferem à planta propriedades de interesse econômico utilizadas atualmente na indústria cervejeira, mas também na indústria farmacêutica, dada às suas propriedades medicinais (NEVE, 1991).

Devido ao fato de a cultura ser originária de regiões mesotérmicas, sua adaptação ao clima macrotérmico encontrado no Brasil é dificultada, por fatores como a temperatura, fotoperíodo e a altitude, fazendo com que todo o lúpulo utilizado na indústria cervejeira seja importado, principalmente dos Estados Unidos e da Alemanha, que são os maiores produtores mundiais (IHGC, 2018).

Há uma carência de informações técnicas sobre as necessidades agronômicas da cultura às condições edafoclimáticas brasileiras. Os dados encontrados na literatura são referentes ao clima temperado, que de certa forma, proporciona ao produtor uma base sobre o manejo a ser adotado. Mas questões referentes ao ciclo, adubação, irrigação, pragas e doenças ainda precisam ser pesquisadas e entendidas para assim, tornar viável agronomicamente e economicamente o cultivo no país.

As pesquisas mais recentes sobre a cultura no Brasil estão relacionadas ao comportamento agrônomo em cultivo protegido submetido a irrigações com diferentes faixas de pH da água (GUIMARÃES, 2020) e adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do planalto Sul Catarinense (FAGHERAZZI, 2020).

Atualmente, há uma tendência de cada vez mais tornar a agricultura sustentável, englobando todos os setores da cadeia produtiva, e para isso, muito tem se falado sobre o uso racional de recursos naturais, como a água, insumos, e a adubação química. Para a cultura do lúpulo, dois são os fatores de extrema importância na produção, visto que a cultura necessita de grande disponibilidade hídrica durante o período de crescimento e adubação química, que requer atenção especial, de maneira que a quantidade aplicada seja suficiente para atender a demanda da cultura sem que haja excessos, evitando a contaminação do meio ambiente pela lixiviação de nutrientes (DOODS, 2017).

Pensando em sustentabilidade, algumas técnicas de manejo e práticas culturais estão sendo adotadas, um exemplo corriqueiro seria o plantio direto, com o intuito de manter a cobertura vegetal visando a conservação do solo e também a manutenção da umidade. No caso do lúpulo, uma solução viável economicamente e com a mesma funcionalidade do plantio direto, seria a aplicação de cobertura vegetal.

Em vista do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da palhada e da serragem como cobertura morta do solo na cultura do lúpulo da cultivar Mapuche, no que se refere à preservação de água no solo. Para tanto, a pesquisa foi definida de forma a identificar o consumo de água das plantas, com diferentes tipos de cobertura morta, desenvolver o balanço hídrico sequencial do período para acompanhamento da disponibilidade de água e verificar a necessidade de irrigação, assim como caracterizar as condições climáticas do período e analisar o crescimento/desenvolvimento das plantas por meio de parâmetros fisiológicos e produção.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do lúpulo

#### 2.1.1 Características botânicas

O lúpulo pertence à família Cannabaceae, a qual possui 8 gêneros e 102 espécies. Dentre os gêneros mais conhecidos, os que apresentam maior valor econômico, estão *Humulus* e *Cannabis* (THE PLANT LIST, 2013). O gênero *Humulus* é composto por três espécies, *H. japonicus*, *H. yunnanensis* e *H. lupulus*, das quais apenas a última possui interesse industrial (MARCOS et al., 2011).

O *Humulus lupulus* é uma planta herbácea, de raízes perenes, dioica, ou seja, são plantas unissexuais, possuem caule piloso, oco, de coloração verde ou roxa, de formato hexagonal e crescem em sentido dextrógiro. As folhas se apresentam de formas opostas nos nós, podendo conter 3, 5 ou até 7 lóbulos (RODRIGUES et al., 2015).

A planta apresenta uma forte dominância apical, logo, até que encerre o crescimento vertical, não aparecem os ramos laterais onde produzirão as flores. As flores de plantas masculinas se formam em panículas, com um perianto formado por 5 sépalas de cor verde amarelado e 5 anteras com filamentos curtos, que apresentam “sulcos” onde as glândulas de resina estão acumuladas. Já as flores das plantas femininas se apresentam em volta de um eixo central, conhecido como ráquis. Neste eixo se observa uma série de nós e em cada um deles um par de brácteas, e cada par de brácteas sustenta uma bractéola e cada bractéola uma flor, quando as inflorescências maduram se produz o estróbilo (Figura 1), popularmente conhecido como “cone” (MARCOS et al., 2011).

**Figura 1 – Inflorescências do lúpulo: A – masculina, B – feminina**



Fonte: Marcos et al. (2011)

O principal aspecto relacionado ao valor comercial das flores de lúpulo está relacionado às glândulas de lupulina presente nos cones (MARCOS et al., 2011), encontradas em maior concentração nas flores femininas. Estas glândulas assumem o papel da secreção de lupulina, (pó amarelo), (Figura 2) que contém resinas, polifenóis e óleos essenciais (DURELLO, SILVA; BOGUSZ JR., 2019).

**Figura 2- Lupulina encontrada nos cones de lúpulo**



### 2.1.2 Aplicações

O lúpulo é utilizado há muito tempo para fins medicinais, em particular principalmente para o tratamento de distúrbios do sono, como sedativo leve, e para a ativação da função gástrica como estomago amargo (ZANOLI; ZAVATTI, 2008). Apresenta também, potencial antidiabético, além de ser um quimiopreventivo em tratamentos contra o câncer e inibidor do desenvolvimento do câncer de próstata (SPÓSITO et al.,2019).

O uso de destaque mundialmente conhecido das inflorescências femininas do lúpulo é como matéria-prima, que fornece amargor e aromas na produção dos diferentes tipos de cerveja, mercado este que incorpora 98% da produção mundial (ROCHA, 2007; SPÓSITO et al., 2019).

A partir das substâncias encontradas na lupulina, o lúpulo imprime à cerveja as suas características mais notáveis como o sabor amargo, devido aos  $\alpha$  e  $\beta$  ácidos, aroma característico proporcionado pelos óleos essenciais, estabilidade da espuma, propriedades antissépticas e poder de conservação (ROCHA, 2007; ESTEVINHO, 2015).

São fabricados no Brasil 13,8 bi de litros de cerveja por ano, o que transforma o país no ranking global, o terceiro maior produtor, atrás apenas da China e dos Estados Unidos (CERVBRASIL, 2013). O consumo de cerveja aumenta a uma taxa média de 5% ao ano, com destaque para o segmento de cervejas artesanais, que teve uma evolução anual em torno de 20%, na última década. Por ser uma cultura típica de regiões de clima temperado, sua adaptação às condições tropicais ou sub tropicais ainda está fase inicial, o que faz com que todo o lúpulo utilizado pelas cervejarias nacionais, que representa em torno de 2,4 mil toneladas por ano, ao custo de cerca de US\$ 35 milhões, seja importado (VASCONCELOS, 2017).

Os Estados Unidos e a Alemanha são os maiores produtores mundiais de lúpulo, com 23.847 e 20.417 hectares cultivados, respectivamente (IHGC, 2020). Estes países possuem também o maior número de cultivares em produção, sendo elas: Cascade, Centennial, Summit, Nugget (EUA) e Herkules, Perle, Tradition, Magnun e Tettnang. Estas cultivares são divididas em três categorias: amargor (ex. Herkules), aroma (ex. Tradition) e mistas (ex. Nugget). (MORAIS, 2015).

Não há muitas informações na literatura sobre a cultivar Mapuche, utilizada neste experimento, mas de acordo com a HopsBrasil (2020), foi desenvolvida na Argentina e anteriormente era conhecida por Tehuelche (nome de uma tribo indígena nativa na Argentina), sendo alterado para Mapuche (nome de outra tribo indígena nativa na Argentina e no Chile). Ainda de acordo com o site, a cultivar apresenta um forte sabor de chá com citrinos suaves e especiarias com notas de ervas.

### 2.1.3 Condições climáticas para o cultivo

O lúpulo é uma planta sensível ao fotoperíodo, sendo mais produtivo em dias longos, pois assegura um bom crescimento vegetativo e desenvolvimento do dossel. A duração do dia é uma função da latitude e, a faixa adequada para uma produção comercial, fica entre as latitudes 35 ° a 55 ° norte e 34° a 43 ° sul (ROCHA, 2007).

Para que haja floração, são necessários pelo menos 120 dias de calor com fotoperíodo de 15 horas e baixas temperaturas no inverno (HILTON, 2002). A faixa de temperatura média, durante a transformação da flor em cone, fica em torno de 16 a 18 °C, mas a planta tolera uma faixa média anual de 5,6 a 21,3 °C, de acordo com Rocha (2007). As plantas podem atingir 6 metros de altura e, no auge de seu desenvolvimento, crescem até 30 centímetros por dia (VASCONCELOS, 2017).

A vida útil da planta de lúpulo pode chegar a 50 anos, porém a renovação das plantas é realizada a cada 10 a 20 anos, dependendo das tendências do mercado por novas variedades. A planta deve ser tutorada em haste única ou dupla, o sistema radicular é ramificado, podendo crescer mais de 4 m de profundidade e até 5 m lateralmente (FAGHERAZZI et al., 2017).

De acordo com a Convenção Internacional de Produtores de Lúpulo - IHGC (2020), a área total plantada da cultura é de 61.342 hectares, onde os maiores produtores são: Estados Unidos, Alemanha, República Tcheca, China, Eslovênia e Polônia.

O Brasil conta com uma área plantada de aproximadamente 40 hectares e cerca de 121 produtores, sendo Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais os estados mais representativos, com 53, 23, 16 e 11 produtores respectivamente, com base no levantamento realizado pela Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo – APROLÚPULO (APROLÚPULO, 2020). Em, 2019, o volume importado foi de 3.600 toneladas, com isso, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA e o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA estão desenvolvendo cooperação técnica para fortalecer a cadeia produtiva no país (MAPA, 2020).

O cultivo de lúpulo pode servir como uma fonte extra de renda ao pequeno produtor rural e embora seja ainda tímido no país, alguns incentivos começam a despontar, como exemplo da Cervejaria Ambev, que anunciou um projeto na Serra Catarinense, em Lages, com iniciativas que vão desde auxílio técnico para os

produtores até utilização de uma planta piloto e viveiro de mudas para a realização de testes de manejo e de variedades (RAMIRES, 2020).

Este cenário é positivo, uma vez que abre portas para a realização de pesquisas acerca da adaptação, aspectos climáticos, demanda hídrica, nutricional, controle de pragas, doenças e plantas invasoras, de acordo com a realidade de cada local promissor ao cultivo.

#### **2.1.4 Aspectos nutricionais**

Para o desenvolvimento da cultura, as exigências nutricionais devem ser atendidas, no entanto, a base para algumas recomendações de cultivo são realizadas de acordo com os dados de literatura internacional, que em muitos casos não se enquadram com a realidade do Brasil.

O solo deve ser profundo, com pH entre 6 e 7, de textura leve e bem drenado, mas com grande disponibilidade de água, visto que o lúpulo perde muita água por transpiração (CARTER et al., 2000). A cultura desenvolve-se em solos ricos em húmus. Segundo alguns autores, o nome da planta (*Humulus*) deriva da palavra humus, a mistura de solo rica em matéria orgânica, na qual a planta se desenvolve (HILLER et al., 1996).

A extração de nitrogênio por advento da colheita, é de aproximadamente 170 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com Darby (2011), e a reposição no solo deve ser feita principalmente de acordo com a matéria orgânica e do rendimento dos cones. Após o florescimento, não é recomendado a aplicação deste nutriente, uma vez que pode influenciar no crescimento vegetativo, diminuindo assim a produtividade (DARBY, 2011).

Dos macronutrientes primários, o fósforo (P) é o menos exigido pela cultura, em torno de 0,5% é removido com a colheita (DODDS, 2017), sendo a maior parte encontrada nos cones. Embora uma deficiência de fosfato resulte em uma redução progressiva no rendimento, não há sintomas visuais para identificar a causa. O fósforo é importante para a estimulação do desenvolvimento radicular e, portanto, é necessário garantir um suprimento adequado para o lúpulo recém-plantado (NEVE, 1991).

Os solos de climas tropicais, como os encontrados no Brasil, são altamente intemperizados, apresentando alto grau de adsorção de fósforo, tornando assim este

nutriente indisponível à cultura. Atributos do solo como acidez, tipo e teor de argila e matéria orgânica possuem influência direta na adsorção do P. Devido a tais fatores, o manejo da adubação requer atenção especial, uma vez que a cultura do lúpulo é pouco difundida no país e os dados de adubação encontrados na literatura são referentes a solos de clima temperado, onde neste quesito, não há problema com a adsorção de fósforo.

A absorção de potássio (K) é em torno de 90 a 170 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que um quarto fica armazenado nos cones e o restante em vinhas e folhas. Caso os restos culturais permaneçam na área de cultivo, grande parte do K também retorna ao solo, segundo Gingrich et al. (2000). A deficiência de potássio também resulta em crescimento deficiente e redução no rendimento, que está associado a um bronzeamento na margem das folhas, que mais tarde se tornam necróticas. Níveis excessivos de potássio devem ser evitados, pois levam à deficiência de magnésio (NEVE, 1991).

No Brasil, há poucos produtores e a cultura é pouco difundida, portanto, carecem de muitas informações em diversas áreas agronômicas, dada então a importância de se pesquisar e incentivar o cultivo, possibilitando assim, futuramente, maior autonomia ao país e assim diminuir o montante do lúpulo importado.

## **2.2 Irrigação**

Para que haja produção de nível comercial, o lúpulo exige adequado suprimento de água durante o período de crescimento. Na Europa isso é normalmente proporcionado por chuvas. Nas regiões mais secas do mundo, no entanto, a irrigação é essencial para a produção de lúpulo, não só pela baixa pluviosidade, mas também porque sob condições quentes e secas as plantas de lúpulo têm uma maior necessidade de água (NEVE, 1991).

De acordo com Rocha (2007), para que o lúpulo se desenvolva sem irrigação, a precipitação durante o período de crescimento não deve ser inferior a 300 mm, sendo necessário a distribuição adequada de água para se obter colheitas conforme capacidade do cultivar. O lúpulo é uma planta que apresenta efetiva resposta à irrigação, cuja aplicação aumenta o rendimento em 20% a 26% em comparação com as plantas não irrigadas (SLAVÍK; KOPECKÝ, 1997). Dados semelhantes foram encontrados por Svoboda et al. (2008), onde a utilização da irrigação via gotejamento

proporcionou incremento de 21% no rendimento e de 7% no conteúdo de alfa-ácidos em relação aos tratamentos não irrigados.

A aplicação de aproximadamente 700 a 800 mm de água de irrigação durante a estação de crescimento é típica em climas áridos, mas o tempo de irrigação e a necessidade podem variar entre os locais (TURNER et al., 2011). Quando a irrigação é realizada em sulcos, há um consumo de cerca de 5.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (CARRILHO, 1981), e quando aplicada por gotejamento fica em torno de 1.500 a 2.500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (SIRRINE et al., 2015; MARCOS et al., 2011)

Os indicadores de determinação de quando se deve irrigar e a quantidade de água a ser aplicada podem ser agrupados em manejo com base na planta, no solo ou na atmosfera (evapotranspiração). Os indicadores com base no solo possibilitam determinar quando e quanto irrigar, na planta estabelecem o momento de irrigar e na atmosfera permitem estimar a quantidade de água a ser aplicada na irrigação (MAROUELLI et al., 2011).

O monitoramento da umidade do solo para o lúpulo é recomendado até uma profundidade de pelo menos 60 cm, que é a faixa de maior retirada de água do solo pela raiz, com o objetivo de manter um bom nível de umidade durante todo o crescimento ciclo, de acordo com Dodds (2017) e pode ser realizado por meio de equipamentos como o tensiômetro, que apresenta baixo custo, praticidade e rapidez na instalação. Este equipamento fornece o potencial matricial, ou seja, a tensão com que a água está retida nas partículas do solo, sendo assim indiretamente esta informação pode ser relacionada com o conteúdo de água disponível no solo (AZEVEDO; SILVA, 1999) com o auxílio da curva de retenção de água do mesmo.

Outra ferramenta importante para a análise de demanda hídrica do lúpulo é o balanço hídrico climatológico, o qual contabiliza a variação do conteúdo de água no solo de acordo com as entradas (chuva ou irrigação) e saídas (evapotranspiração, escoamento superficial e drenagem). Pode ser útil tanto para o planejamento agrícola quanto para a tomada de decisões (PEREIRA; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2007), sendo então, uma ferramenta para a realização de manejo da irrigação eficiente e sustentável.

Os sistemas de irrigação utilizados atualmente nos plantios comerciais são de aspersão e de gotejamento. A adoção da irrigação por gotejamento em detrimento da aspersão suspensa está se tornando mais comum, por exemplo, nos EUA, onde doenças como o míldio e o oídio estão presentes (DODDS, 2017).

Embora o custo inicial da irrigação por gotejamento seja alto, sua eficiência e capacidade de realizar quimigação através de um único sistema é útil para gerenciar culturas de lúpulo que são cultivadas convencionalmente (WRIGHT; CONE, 1999). A frequência de rega e o tempo de funcionamento dependem de fatores, incluindo o tipo do sistema, de solo e as condições sazonais.

### **2.3 Uso de cobertura do solo na agricultura**

O uso de cobertura diminui o surgimento de plantas invasoras, mantém sem grandes alterações a temperatura e a umidade, diminui deslocamento e lixiviação de nutrientes do solo. A utilização de materiais vegetais, além de preservar a microbiota do solo, aumenta a qualidade do produto, do meio ambiente, aumentando o lucro do produtor (RODRIGUES et al., 2009).

Segundo Allen et al. (1998), a perda de água por evaporação se dá principalmente pela fração de radiação solar que atinge o solo, e essa fração diminui ao longo do crescimento do dossel da cultura em que a exposição do solo à radiação decai. Os parâmetros climatológicos mais importantes quando se avalia o processo de evaporação de água do solo são radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e a velocidade do vento (ALLEN et al., 2005).

Em regiões de clima úmido, o efeito da cobertura vegetal sobre a superfície do solo apresenta-se expressivo quanto à diminuição da evaporação de água do que em uma região de clima seco (FLERCHINGER et al., 2013). O uso de cobertura atua como camada dissipadora de energia cinética das gotas da chuva e como isolador térmico, mas apresenta a desvantagem de que a água interceptada e armazenada por ela é perdida diretamente para a atmosfera (SILVA et al., 2006a).

Gramíneas, assim como as leguminosas, são altamente utilizadas como cobertura morta e geralmente apresentam uma relação carbono/nitrogênio (C/N) de 40:1 (MONEGAT, 1991). De modo geral, uma relação C/N alta faz com que a decomposição e mineralização de nutrientes sejam lentas e os resíduos permanecerão por mais tempo sobre o solo. Em contrapartida, em situação de baixa relação C/N, ocorre o contrário, e os nutrientes são disponibilizados mais rapidamente ao solo.

Segundo Resende et al. (2005), o uso de diferentes tipos de cobertura vegetal na cultura da cenoura, como serragem, casca de arroz e capim seco, é capaz de

aumentar a retenção de água do solo em até 2,3% em relação ao solo descoberto, além de reduzir a temperatura do solo em até 3,5°C e apresentar menor incidência de plantas daninhas. A aplicação de palhada e serragem podem diminuir em 36,5% e 72,8% o escoamento superficial e em 51,9% e 94,9% a sedimentação, respectivamente, em áreas de produção florestal (JOURGHOLAMI; ABARI, 2017).

Desta forma, o emprego de cobertura morta no cultivo do lúpulo pode apresentar vantagens substanciais, visto que o lúpulo é uma planta que apresenta elevada demanda hídrica, possibilitando assim, um cultivo racional e sustentável, preservando a água no solo e proporcionando aumento na qualidade química e estrutural do solo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em área externa, pertencente ao Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – Unesp (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”) (Figura 3). O plantio das mudas de Lúpulo, da cultivar Mapuche, foi realizado em outubro de 2019 e o início das coletas de dados deu-se em janeiro, e finalizadas em abril de 2020.

As coordenadas geográficas da área são 22°50'49" de latitude sul e 48°26'07" de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 817 m. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) de textura média.

**Figura 3- Localização da área experimental no Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu-Unesp**



Segundo a classificação de Köppen, o clima de Botucatu é do tipo Cwa (Clima subtropical, úmido), caracterizado por com clima quente, úmido e verões chuvosos e invernos secos e temperaturas amenas. O mês mais quente é fevereiro com média de 23,1°C, o mais frio é julho com média de 17,1°C, e a temperatura média anual é de 20,3°C. O mês com maior umidade relativa do ar é fevereiro com média de 79,0%, e

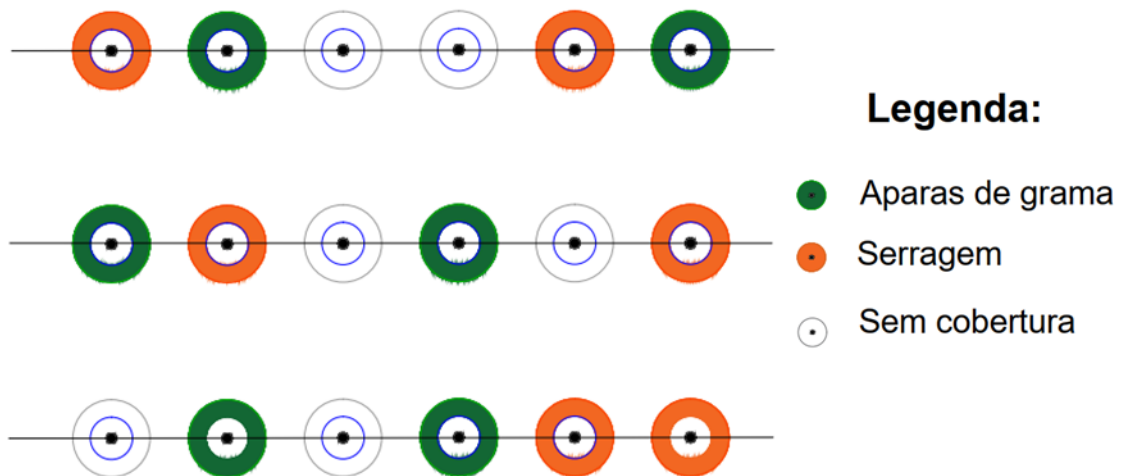
com menor umidade o mês de agosto com média de 63,97%, e umidade relativa média anual é de 78,25% (DAL PAI et al., 2020).

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em Blocos casualizados, com seis repetições, sendo cada bloco representada por uma linha de plantio. Os tratamentos consistiram em dois sistemas de cobertura do solo com serragem e grama, e o tratamento controle (solo sem cobertura).

Foram utilizadas 18 plantas de Lúpulo, cultivadas em solo, e divididas em três linhas de irrigação. O espaçamento adotado foi de 3 m entre linhas e 1,8 m entre plantas. As coberturas do solo utilizadas, ao redor da planta, apresentaram um raio de 0,6 m (~1 m<sup>2</sup>) e espessura de 0,03 m. (Figura 4)

**Figura 4 - Representação da área experimental, evidenciando a posição dos tratamentos**



### 3.3 Caracterização da planta

As plantas de lúpulo utilizadas foram doadas pelo Centro de Ciências Agroveterinária (CAV) da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC) – Campus Lages/SC e devido ao seu alto custo e disponibilidade em números, teve-se a limitação da aquisição de mais mudas para mais repetições dos tratamentos. São

mudas provenientes de matrizes cultivadas em estufa (Figura 5) que apresentavam cerca de 1 ano e meio de idade.

A região de Lages, onde as matrizes das mudas já estavam aclimatadas, apresenta um clima segundo classificação de Köppen, Cfb, mesotérmico úmido, com verões frescos e chuvas bem distribuídas durante o ano. A temperatura média anual estimada é de 15,6 °C, e a temperatura no mês mais quente, janeiro, é 20,3°C. Quando comparado com Botucatu – SP, Lages apresenta temperaturas de 4,7°C e 2,8°C mais baixas na média anual e no mês mais quente do ano, respectivamente.

**Figura 5 - Mudas de lúpulo fornecidas pela UDESC**



Foto: Leidiane Portugal - 2020

A cultivar utilizada foi a Mapuche (Figura 6), que é uma variedade Argentina. Ainda não se sabe muito sobre sua genética e características. Possui teores de  $\alpha$ -ácidos de 7% e de  $\beta$ -ácidos de 5,6% (HOPSBRASIL, 2020)

**Figura 6- Arquitetura foliar de lúpulo cv. Mapuche**



Foto: Leidiane Portugal - 2020

### 3.4 Caracterização do solo

Foram coletadas amostras deformadas de solo, nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, e enviadas ao laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência Florestal, Solo e Ambiente da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – Unesp, Botucatu/SP, para análise química (Tabela 1) com a metodologia descrita por Raij et al. (2001) e textural (Tabela 2) segundo EMBRAPA (2011).

**Tabela 1 - Caracterização Química do solo da área de implantação das mudas**

	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	CTC
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----		
0-0,20m	4,5	16	18	2	36	1,7	16	7	61
0,20m–0,40 m	4,6	11	11	2	33	1,2	14	6	54
	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
	%	----- mg dm <sup>-3</sup> -----							
0-0,2m	40	7	0,53	4	57	9,9	3,5		
0,2m – 0,4 m	38	9	0,52	3,3	40	7,3	1,5		

Sendo: MO – matéria orgânica; pH – potencial hidrogeniônico; Presina – extrator de fósforo; Al<sup>3+</sup> - acidez trocável; H+Al – acidez potencial; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca cátions; V – saturação por bases; S – enxofre; B – boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês e Zn – zinco.

O solo apresentou baixa saturação por bases (V%), sendo o recomendado para a cultura do lúpulo uma saturação de 70%, o que correlaciona com o pH do solo, em que a maioria das culturas exige uma acidez de 5,5 – 6, fazendo-se então necessária a correção da camada de 0,0-0,2m de profundidade. A análise de solo em camadas subsuperficiais (0,2 m - 0,4m) são realizadas a fim de se conhecer a acidez em profundidade, pois podem apresentar condições desfavoráveis ao crescimento radicular das plantas. A correção em profundidade é recomendada quando essas camadas contêm teores de Ca<sup>2+</sup> menores que 4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e Al<sup>3+</sup> maiores que 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Para a condição da área, não foi necessária a correção do solo em profundidade.

A interpretação dos teores de nutrientes presentes no solo foi feita utilizando a camada de 0,0 -0,2 m de profundidade segundo Raij et al. (1997).

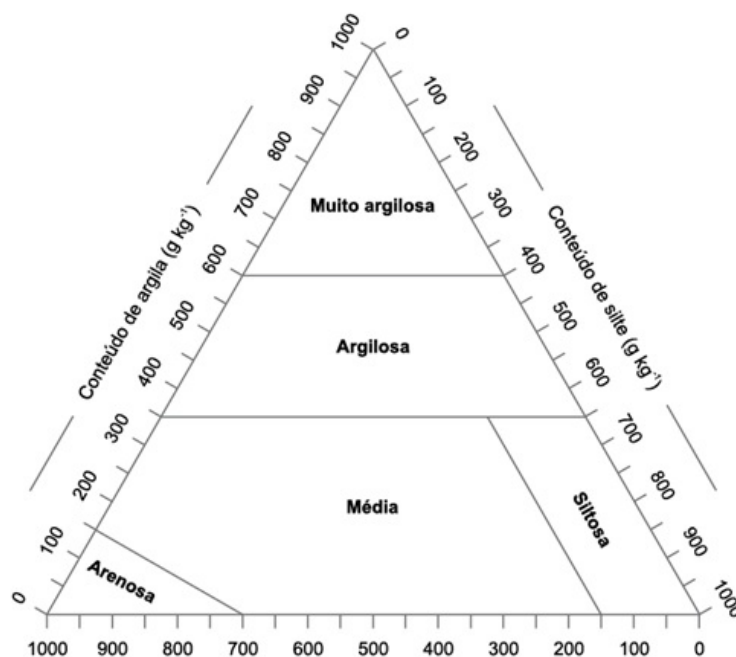
Os micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) apresentaram teores altos e boro (B) teor médio. Os macronutrientes fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S) apresentaram-se com teores médios e cálcio (Ca) com teor alto.

A textura do solo descreve o tamanho das partículas do mesmo e a forma que estas se agregam vão definir a estrutura do solo (BRADY; WEIL, 2013), sendo assim, essas características ajudam a determinar a capacidade de um solo reter água. Na Tabela 2 é possível observar a caracterização física do solo, por meio do triângulo textural, que apresenta a classificação de um solo textura média (Figura 7).

**Tabela 2 - Caracterização física da área de implantação**

Areia	Silte	Argila	Textura do solo
g kg <sup>-1</sup>			
631	98	271	Média

**Figura 7 – Triângulo textural**



Fonte: SiBCS (2018)

### 3.5 Preparo do Solo

A partir dos resultados da avaliação química do solo (Tabela 1) foram realizados os procedimentos de preparo da área. O local utilizado não apresentava

cultivo anterior a instalação, sendo necessário as operações de aração e gradagem. A correção do solo ocorreu 3 meses antes do plantio das mudas de lúpulo para que houvesse ação do corretivo, a fim de aumentar a saturação por bases a 70%. Após a aplicação de calcário na área, foi realizada mais uma operação de aração, incorporando o corretivo e quebrando os torrões (Figura 8).

**Figura 8- A) Área antes do início das operações de preparo do solo B) Solo arado e corrigido C) Incorporação do calcário e quebra de torrões**



Abaixo segue o cálculo da necessidade de calcário (NC) (Equação 1) para a elevação de saturação por bases do solo (V%), a 70 % como recomendado por Aquino et al. (2019):

(1)

$$NC = \frac{CTC(Ve - Va)}{PRNT}$$

Onde: NC é a necessidade de calcário ( $t\ ha^{-1}$ ), CTC é a Capacidade de Trocas de Cátions em pH 7 na profundidade de 0,0-0,2m ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ), Va é a saturação por bases atual (%), Ve é a saturação por bases esperada (%) e PRNT é o poder relativo de neutralização total (Informado pelo fabricante do corretivo).

Logo, para a correção do solo, foi necessária a aplicação de  $2\ t\ ha^{-1}$ , sendo usado um corretivo de PRNT 90,5.

### 3.6 Sistema de condução

A instalação da estrutura para condução das plantas foi no sistema de treliças. Foram utilizados 6 caibros de madeira de 2 m de altura, com haste de ferro de 0,8 m a fim de aumentar a altura de condução para 2,80 m (Figura 9).

**Figura 9 – Sistema de condução das plantas**

### 3.7 Adubação

#### 3.7.1 Adubação de plantio

Utilizando o referencial da análise de solo da Tabela 1, a adubação de plantio foi feita em cova de 0,4 m x 0,4 m x 0,4 m com a aplicação de 125 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 3) utilizando-se fertilizante mineral superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e adubação orgânica com húmus de minhoca com 2 litros por cova, antes do plantio.

**Tabela 3- Recomendação de adubação de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) de plantio para o lúpulo**

		Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> )			
0-10	11-15	16-25	26-45	46-70	>70
		Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )			
250	175	125	100	50	0

Fonte: Darby et al. (2011)

#### 3.7.2 Adubação de cobertura

Para adubação nitrogenada (N) e potássica (K<sub>2</sub>O) foram utilizadas as doses de 250kg ha<sup>-1</sup> e 200 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, utilizando os fertilizantes minerais simples ureia e cloreto de potássio. A Tabela 1 foi utilizada para a identificação das doses de adubação potássica, com as devidas transformações de unidades (de mmol/dm<sup>3</sup> para mg/dm<sup>3</sup>). Na Tabela 4 estão representadas as recomendações de adubação segundo Darby et al. (2011).

A adubação nitrogenada foi parcelada em três aplicações a cada 20 dias com 30%, 40% e 30% da dose total e para a adubação potássica, o parcelamento foi realizado em quatro vezes a cada 15 dias com doses iguais (25% do total a cada aplicação), tendo início logo no florescimento. O parcelamento da adubação contribui para o aumento da eficiência no uso dos nutrientes e auxilia na redução de perdas (RAIJ et al., 2011).

**Tabela 4 - Recomendação de adubação potássica (K<sub>2</sub>O) e nitrogenada (N) de plantio para o lúpulo**

Teor de K (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-60	61-120	121-240	241-400	401-600	>600
Teor de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )					
300	250	200	150	100	0
Dose de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )					
Textura do solo	Arenosa		Média		Argilosa
	220		200		180

Fonte: Darby et al. (2017)

### 3.8 Cobertura morta

As amostras de cobertura morta foram armazenadas em sacos de papel e secas em estufa com temperatura em 45 °C por 24 horas. Após a secagem foram moídas, armazenadas em sacos de papel e encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência Florestal, Solo e Ambiente da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/Unesp, Campus de Botucatu (Tabela 5) para análise de nutrientes presentes seguindo a metodologia de Malavolta et al., (1997).

Para análise de material orgânico (matéria orgânica, carbono orgânico, N, pH natural e umidade) as amostras foram coletadas e imediatamente encaminhadas ao Laboratório de Fertilizantes e Corretivos Departamento de Ciência Florestal, Solo e Ambiente da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/Unesp, Campus de Botucatu, seguindo a metodologia do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014).

O material vegetal foi adquirido sempre no mesmo lugar para manter as mesmas propriedades. A serragem foi adquirida na serralheria Murba, localizada na cidade Botucatu- SP e as podas de grama foram adquiridas no Departamento Ciência Florestal, Solo e Ambiente da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/Unesp, Campus de Botucatu.

Os macronutrientes e micronutrientes estão presentes em maior quantidade na grama quando comparada a serragem. Já quando observa-se a relação C/N, a serragem apresenta uma relação onze vezes maior que a grama, o que possibilita decomposição mais lenta desse material orgânico, permanecendo mais tempo sobre a superfície do solo, porém é possível que haja uma redução do teor de N no solo, pois os microrganismos deste terão de fazer maior uso do N do solo para o seu crescimento e mineralização da cobertura, podendo causar deficiência de N nas plantas (BRADY; WEIL, 2013).

**Tabela 5 - Análise química e de material orgânico das coberturas vegetais utilizadas.**

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g kg <sup>-1</sup> -----						-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
Grama	22	4,0	15	4	1,5	2,5	5	9	746	63	45
Serragem	3	0,2	3	0	1,0	0,8	3	3	56	14	6
	N	Umidade		M.O.	C.O.		Relação C/N	pH			
	-----%-----				Seca			ao natural			
Grama	1,97	8		80	48		23/1	6,2			
Serragem	0,20	6		89	53		252/1	4,8			

Sendo: N- nitrogênio; P- fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; S – enxofre; B – boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco; MO – matéria orgânica; C.O. – carbono orgânico e pH – potencial hidrogeniônico

### 3.9 Irrigação

O método de irrigação utilizado foi do tipo localizada, sendo utilizado o sistema de gotejamento. Os equipamentos utilizados para o sistema de irrigação foram gotejadores autocompensantes da marca NaanDanJain® de 2 L h<sup>-1</sup> de vazão com microtubo, sendo 3 emissores por planta, a fim de formar um bulbo molhado de no

mínimo 30% (KELLER; BLIESNER, 1990), sendo o bulbo atingido de 37% da área útil da cobertura vegetal. Foi utilizada uma bomba periférica BP 500, potência de ½ cv, vazão de 1,98 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, 127 V/60 Hz para o bombeamento de água do sistema.

A água utilizada provém de poço e suas características estão apresentadas na Tabela 7. Os dados foram obtidos através de análise do Laboratório de Qualidade de Água da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP, Campus de Botucatu e as características da água foram determinadas pelo método proposto pela APHA (2012).

Na Tabela 7 são apresentados alguns parâmetros utilizados para qualificar a água de irrigação e os valores obtidos em cada parâmetro representam-se dentro das faixas consideradas adequadas para irrigação.

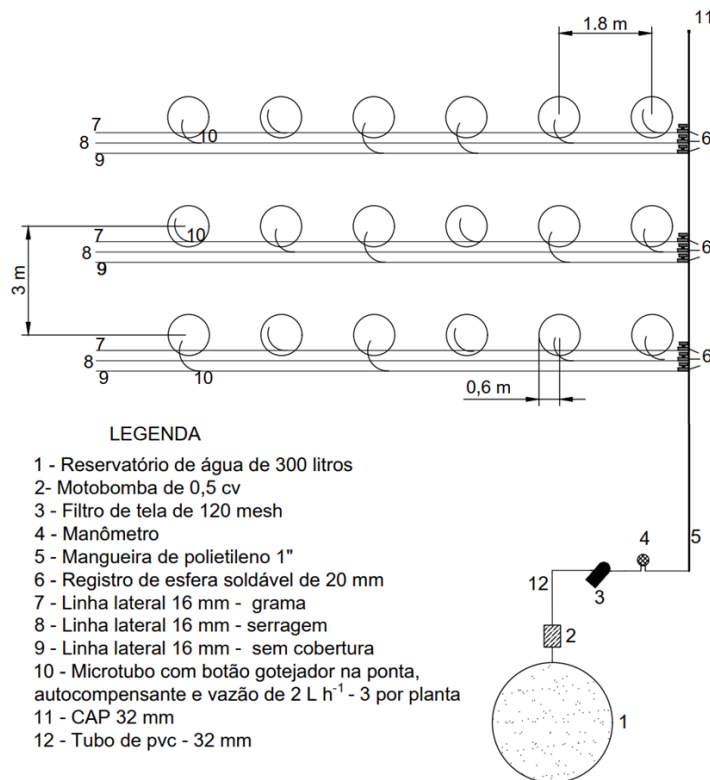
**Tabela 7 - Características apresentadas pela água utilizada na irrigação.**

Parâmetros	Valores Obtidos
pH	6,14
CE	49 µS/cm a 25 °C
N <sub>total</sub>	Ausente
P <sub>total</sub>	15 mg/L
K <sub>total</sub>	Ausente
TDS <sup>1</sup>	25 ppm
SST <sup>2</sup>	0.0002 g/L
Turbidez	---

pH- potencial hidrogeniônico; CE – Condutividade elétrica; N<sub>total</sub> – nitrogênio total; P<sub>total</sub> – fósforo total; K<sub>total</sub> – potássio total; TDS – sólidos totais dissolvidos; SST – sólidos suspensos totais.

Cada linha de plantio apresentava 3 saídas de água para a linha principal, sendo cada saída responsável por irrigar um tratamento, controladas por um registro (Figura 10). Para determinação da uniformidade da irrigação, aplicou-se o coeficiente de uniformidade (CUC) de Christiansen (1942) (Figura 11). Após o teste, o sistema apresentou 97% de uniformidade.

**Figura 10- Sistema de irrigação e seus componentes**



**Figura 11- A) Linhas de irrigação controladas por abertura e fechamento de registro, B) Teste de uniformidade do sistema**



### 3.10 Curva de retenção de água no solo

As lâminas de irrigação aplicadas foram calculadas com base na capacidade de campo da área, pois a evapotranspiração de referência da cultura para a região ainda não foi estabelecida.

Para conhecimento da capacidade de campo da área, foi determinada a curva de retenção de água no solo. Através do método da câmara de pressão de Richards, descrito pela Embrapa (2011), foi determinado o teor de umidade no solo em diferentes potenciais matriciais. Para gerar os parâmetros do modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980) (Equação 2), para obter a curva de retenção de água no solo (Tabela 6), foi utilizado um método de otimização por meio da extensão Solver do Microsoft Excel (2010) para minimizar a soma de quadrados das diferenças entre os resultados experimentais (obtidos) e os estimados (teóricos).

**Tabela 6 - Parâmetros da equação de Van Genuchten para obtenção da umidade do solo**

Parâmetros				
$\Theta_r$ ( $m^3 m^{-3}$ )	$\Theta_s$ ( $m^3 m^{-3}$ )	M	n	$\alpha$ ( $cm^{-1}$ )
0,1423	0,505	0,3862	1,6291	0,4361

Sendo:  $\theta_r$  – teor de água residual;  $\theta_s$  – teor de água de saturação; m – parâmetro empírico; n – parâmetro empírico;  $\alpha$  – parâmetro de ajuste do modelo

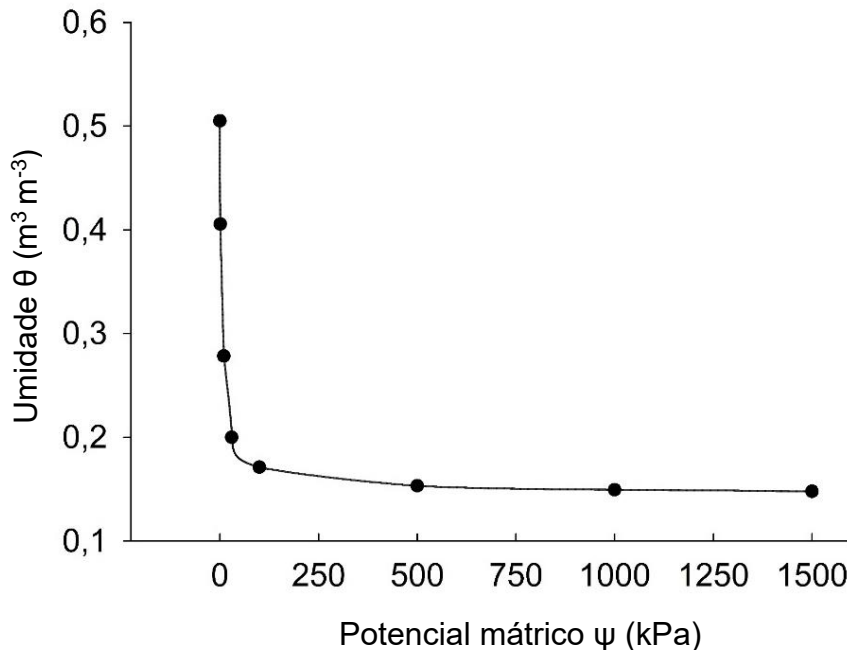
(2)

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha * |\Psi_m|^n)^m]}$$

Onde  $\theta_r$  é a umidade residual ( $m^3 m^{-3}$ ),  $\theta_s$  é a umidade de saturação ( $m^3 m^{-3}$ ),  $\Psi_m$  é o potencial mátrico do solo (kPa), e  $\alpha$ , n e m são parâmetros da função de retenção de água no solo.

A Figura 12 representa o comportamento da curva característica do solo da área, obtida através do teor de umidade do solo adquirido. Segundo James (1988), a capacidade de campo de um solo varia no potencial mátrico (tensão do solo) de 6 a 10 kPa, nesse ponto deve ser feita a interrupção da irrigação para evitar lixiviação de nutrientes e percolação da água. Para o solo da área de pesquisa assumiu-se a umidade na capacidade de campo com o potencial mátrico de 10 kPa, com umidade de  $0,2781 m^3 m^{-3}$ .

**Figura 12 - Curva característica de retenção de água no solo da área experimental**



### 3.11 Lâminas de irrigação

A frequência de irrigação foi realizada a cada 2 dias a fim de atingir a capacidade de campo, e a lâmina a ser aplicada baseou-se na umidade atual do solo, essa adquirida pela média do potencial mátrico do solo em cada tratamento com o auxílio de tensiômetros instalados na área.

A umidade na capacidade de campo foi considerada quando o solo apresentava um potencial matricial indicado na leitura dos tensiômetros em 10 kPa, sendo a umidade de  $0,2781 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Quando o potencial se apresentava menor que o considerado capacidade de campo, não realizava-se a irrigação. Para profundidade do sistema radicular, considerou-se 0,2 m de profundidade para que se relacionasse a profundidade de instalação do tensiômetro e a profundidade efetiva das raízes laterais do lúpulo que atingem de 0,2 a 0,3m de profundidade (AQUINO et al., 2019).

Para cálculo da lâmina a ser irrigada e o tempo de trabalho do sistema para fornecimento da lâmina necessária foram usadas as equações 3 e 4:

(3)

$$Li = \frac{(\Theta_{cc} - \Theta_{atual}) * Z * f * 10}{Ef}$$

Onde Li é a lâmina de irrigação (mm),  $\Theta_{cc}$  é a umidade na capacidade de campo ( $m^3 m^{-3}$ ),  $\Theta_{atual}$  é a umidade atual ( $m^3 m^{-3}$ ), Z é a profundidade do sistema radicular (cm), f é o fator de depleção e Ef é a eficiência do sistema.

(4)

$$Ti = \left( \frac{Li * A}{N * q} \right) * 60$$

Onde: Ti é tempo de irrigação (min), Li é a lâmina de irrigação (mm), A é área aplicada ( $m^2$ ), N é o número de emissores e Q é a vazão do emissor ( $l h^{-1}$ )

### 3.12 Análise meteorológica

Os dados meteorológicos foram obtidos diariamente da estação meteorológica da FCA/Unesp-Botucatu. A aquisição dos dados pela estação são da média das leituras realizadas a cada 5 minutos e ao fim do dia é realizada a média diária, sendo o fotoperíodo o único dado calculado adquirido com os responsáveis pela estação.

Os parâmetros meteorológicos analisados seguem na Tabela 8.

**Tabela 8 - Parâmetros meteorológicos obtidos da estação meteorológica da FCA/Unesp-Botucatu**

Parâmetros	Unidades
Temperatura (máxima, média e mínima)	°C
Umidade (máxima, média e mínima)	%
Velocidade do vento a 2 m	$m s^{-1}$
Evapotranspiração	Mm
Precipitação	Mm
Radiação	$MJ m^{-2}$
Fotoperíodo	H

No período analisado, a estação meteorológica ficou em manutenção entres as datas de 13 de dezembro a 19 dezembro de 2019, sendo assim os dados desse intervalo não foram utilizados.

Para a região de estudo, ainda não se tem estipulado o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para o lúpulo, mas por motivos de comportamento da evapotranspiração de cultura, a evapotranspiração foi calculada utilizando-se o  $K_c$  da Food and Agriculture Organization (FAO) que para fase inicial de desenvolvimento da planta é de 0,3, média de 1,05 e final de 0,85 (ALLEN et al., 1998).

Para análise de disponibilidade de água por precipitação no período, fez-se uso do Balanço Hídrico Climatológico Sequencial, utilizando a metodologia de Thornthwaite e Mather (1995) que, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo, permite a determinação do regime hídrico de um local. Para o balanço foi utilizada as médias temperatura, e somatório da evapotranspiração e precipitação a cada 5 dias.

Para estimativa é necessário conhecer a sua capacidade de água disponível (CAD), dados de precipitação e evapotranspiração potencial. O cálculo foi realizado por meio de uma planilha eletrônica (ROLIM, 1998) utilizando-se uma CAD de 26,95 mm, valor esse obtido pela Equação 5 com dados apresentados na Tabela 9.

(5)

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) * Z * 10$$

Onde CAD é a capacidade de água disponível (mm),  $\theta_{cc}$  é a umidade na capacidade de campo ( $m^3 m^{-3}$ ),  $\theta_{pmp}$  é a umidade no ponto de murcha permanente ( $m^3 m^{-3}$ ) e Z profundidade do sistema radicular (cm).

**Tabela 9 - Dados dos parâmetros utilizados para aquisição da capacidade de água disponível (CAD) do solo.**

Parâmetros	Dados
$\theta_{cc}$ ( $m^3 m^{-3}$ )	0,2781 <sup>1</sup>
$\theta_{pmp}$ ( $m^3 m^{-3}$ )	0,1584 <sup>2</sup>
Z (cm)	20

<sup>1</sup> Umidade quando o potencial mátrico está em 10kPa; <sup>2</sup>Umidade quando o potencial mátrico está em 300 kPa.

### **3.13 Características avaliadas no solo**

#### **3.13.1 Umidade do solo**

A umidade do solo foi determinada de maneira indireta, com auxílio de tensímetro de punção, que mede a tensão (potencial mátrico) do solo, ou seja, a força com que a água está retida nas partículas do solo. Desta forma, com base na curva característica de retenção de água no solo, a qual relaciona a umidade volumétrica e a tensão matricial de água no solo, é possível determinar o conteúdo de água no solo e assim estimar a lâmina (quantidade) de água a ser aplicada a cada irrigação (MAROUELLI, 2008).

A verificação, o preparo e a instalação dos tensiômetros seguiram a metodologia proposta por Marouelli (2008). Desta forma, para que não houvesse problemas de funcionamento, foi realizada a escorva do equipamento, que consiste na retirada do ar presente nos poros da cápsula e verificação de vazamento, para evitar a entrada de ar no interior do tubo. Para a realização destes procedimentos, as tampas (rolhas) dos tensiômetros foram removidas e o tubo foi preenchido com água destilada, posteriormente, os tensiômetros foram acondicionados em um balde com água e mantidos até o momento da instalação.

Para a instalação, o solo foi previamente umedecido e para a abertura dos furos foi utilizado um trado do tipo sonda de penetração, com diâmetro equivalente aos tubos, para proporcionar melhor contato da cápsula porosa com o solo.

As leituras foram realizadas a cada dois dias, para melhor acompanhamento do comportamento da umidade, sempre no período da manhã, entre 8h e 9h, de 17 de janeiro a 10 de abril. Os dados foram salvos em planilha eletrônica do software Microsoft Excel 365, onde foi calculada a média da tensão para cada tratamento. Com a tensão média calculou-se a umidade atual do solo, necessária para estimar a lâmina de irrigação a ser aplicada.

**Figura 13 - Leitura de tensão em tensiômetro de cápsula porosa com a utilização de tensímetro digital de agulha**



### **3.13.2 Atributos químicos do solo**

Amostras de solo foram retiradas no início e ao fim do experimento, sendo coletados 3 pontos por planta e posteriormente homogeneizada, para cada tratamento, e enviadas ao laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência Florestal, Solo e Ambiente da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – Unesp, Botucatu/SP para observação da influência das coberturas mortas utilizadas nos atributos químicos do solo.

### **3.14 Características avaliadas na planta**

#### **3.14.1 Crescimento vegetativo**

Ao final do ciclo das plantas, foram realizadas as avaliações do diâmetro do caule, massa fresca e seca da planta. Para diâmetro do caule foi utilizado um paquímetro digital, para medidas da altura do caule de 0,3 m acima do solo (Figura 14). A massa fresca foi obtida após a poda da planta ao fim do ciclo, sendo o material vegetal armazenado em caixa térmica para impedir a perda de umidade até a obtenção da sua massa. Em seguida, o material vegetal foi armazenado em saco de papel e levado a estufa em temperatura de 45°C, sendo sua massa aferida a cada 24

horas até apresentar uma massa constante. Após secagem, o material foi pesado para determinar a massa seca das plantas.

**Figura 14 - Medida de diâmetro com uso do paquímetro digital**



### **3.14.2 Teor nutricional do tecido foliar**

A avaliação do teor nutricional das folhas foi realizada aos dez dias antecedentes ao fim das avaliações (10 de abril de 2020). Foram coletadas aleatoriamente 20 g de folhas no terço médio das plantas de lúpulo, em cada tratamento. As folhas foram armazenadas em sacos de papel e secas em estufa com temperatura em 45°C por 24 horas. Após a secagem, as folhas foram moídas, armazenadas em sacos de papel e as amostras encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência Florestal, Solo e Ambiente da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/Unesp, Campus de Botucatu (Tabela 5) para análise de nutrientes presentes seguindo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

### **3.15 Análise estatística dos resultados**

Os resultados referentes às lâminas de irrigação e teores de umidade no solo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) complementada pelo teste de Skott Knott a 5%. Para as características da planta foi utilizado o teste não paramétrico de Friedman pela não adequação as suposições do modelo paramétrico.

Para entender melhor o inter-relacionamento entre as características meteorológicas e as lâminas de irrigação em cada tratamento (cobertura morta do solo), foram utilizados de forma exploratória os procedimentos multivariados de análise de correlação canônica e análise de componentes principais (ACP). A correlação canônica avalia o grau de associação entre dois conjuntos de variáveis quantitativas aleatórias, resumindo as informações de cada conjunto em combinações lineares chamadas de variáveis canônicas (JOHNSON; WICHERN, 2007) e a ACP consiste em transformar um conjunto de  $p$  variáveis originais, pertencentes a  $n$  indivíduos ou populações, em um novo conjunto de variáveis, de dimensão equivalente, sendo que cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, construído de maneira a explicar a variabilidade total dessas variáveis originais não correlacionadas entre si (STRAPASSON; VENCOVSKY; BATISTA, 2000).

Para as análises estatísticas fez-se uso do software R versão 3.2.5 (2016).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização meteorológica

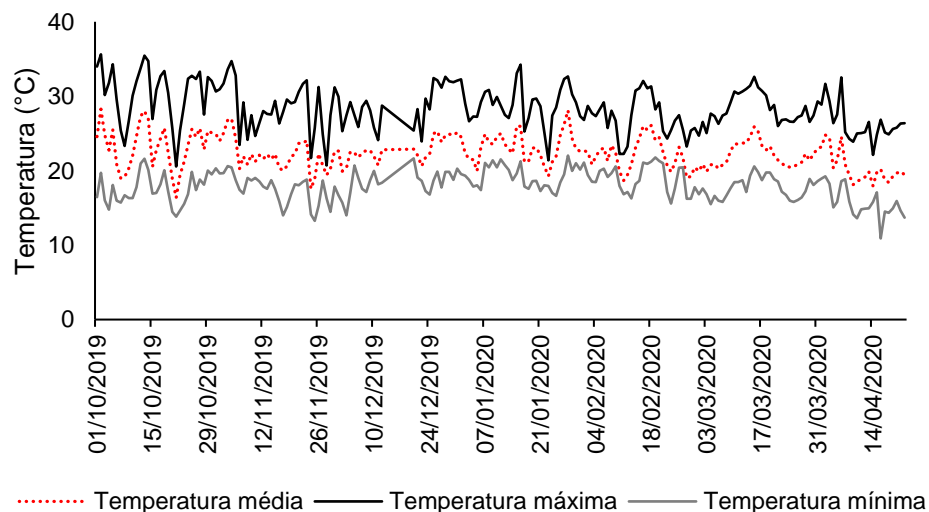
#### 4.1.1 Temperatura do ar

As temperaturas apresentadas na Figura 15 indicam que as máximas variaram de 20,56 °C a 35,6°C e as mínimas de 13,25°C a 22,03°C. A temperatura média no período foi de 23,3 °C.

As temperaturas mais elevadas e a mais alta do período foram observadas no mês de outubro, principalmente nas duas primeiras semanas que seguiram o pós-plantio das plantas, o que pode ter auxiliado na lenta adaptação das mudas em campo.

Fevereiro é considerado o mês mais quente na cidade de Botucatu, com média de 23,1°C. Mas durante o período analisado, os meses de outubro a dezembro apresentaram médias maiores que fevereiro, sendo o mês de outubro com média mais elevada, de 23,3°C.

**Figura 15 – Temperatura máxima, média e mínima do ar do período de transplante das mudas até o fim da condução da pesquisa**



A faixa de temperatura propícia ao desenvolvimento para a cultura é de 20°C a 30°C, conforme Spósito et al. (2019). Todavia, a planta também necessita de temperaturas baixas, cerca de 30 a 60 dias entre 4,4°C e 6 °C, pois devido ao

encurtamento dos dias no final do verão e outono, as plantas entram em dormência, caracterizado pela morte gradual das brotações e das raízes finas seguida da transferência de reservas para o rizoma. Desta forma, as horas de frio acumuladas servem para a quebra de dormência proporcionando crescimento uniforme das plantas (SIRRINE, 2010; DODDS, 2017), sendo que esta condição não foi oferecida às plantas no presente estudo devido ao clima do local.

A soma térmica, que é um parâmetro utilizado para entender o efeito da temperatura do ar sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas (PAULA et al., 2005), apresentou correlação negativa com o acúmulo de  $\alpha$ -ácidos, de acordo com os resultados obtidos por SREČEC et al. (2008), avaliando a influência das condições climáticas em cones de lúpulo.

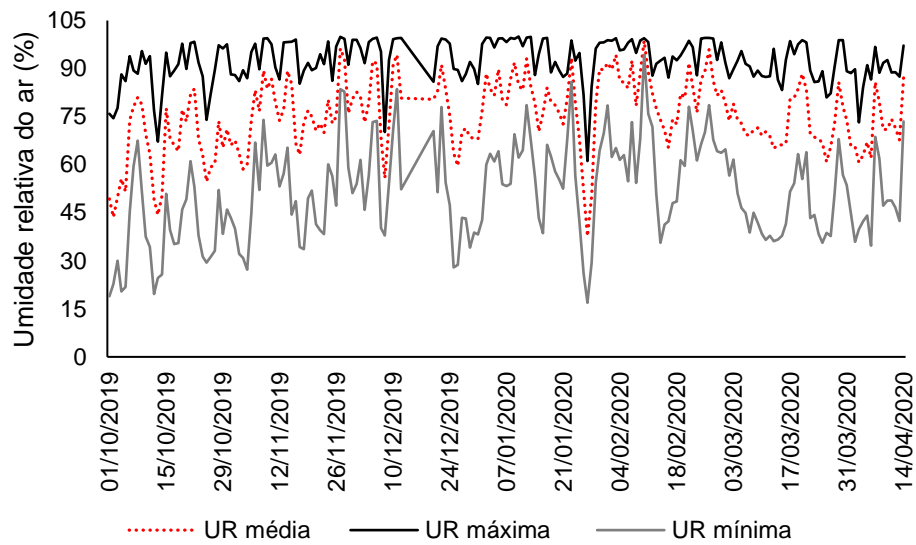
Desta forma, regiões que apresentaram temperaturas altas, acima da faixa recomendada, não são indicadas para o cultivo, como orienta RYBÁČEK (1991), que em temperaturas acima de 35°C, o crescimento da planta cessa, principalmente quando a umidade relativa do ar é baixa, causando maturidade precoce dos cones. Dessa forma, não houve condições meteorológicas adequadas para a dormência das plantas, e em muitas ocasiões, a temperatura esteve acima do recomendado para o cultivo de lúpulo.

#### **4.1.2 Umidade relativa do ar**

Na Figura 16 estão apresentadas as umidades relativas do ar no período, onde as máximas umidades ficaram entre 75,93% e 97,2% e mínimas entre 18,9% e 73,48%. A umidade média do período foi de 71,75%.

A umidade média anual de Botucatu-SP é de 73,9%, sendo a média do período avaliado de 71,8%. O mês de janeiro é considerado o de maior umidade relativa (79%) e no ano de 2020 apresentou uma média de 75,2%.

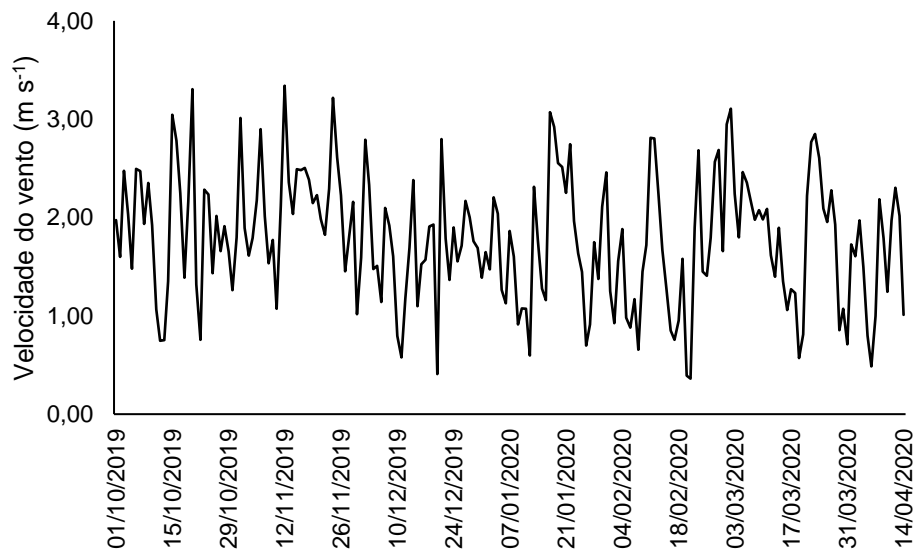
**Figura 16 – Umidade relativa do ar máxima, média e mínima do ar do período de transplante das mudas até o fim da condução da pesquisa**



#### 4.1.3 Velocidade do vento

O comportamento da velocidade média do vento no período está representado na Figura 17. As velocidades mínima e máxima foram de  $0,36 \text{ m s}^{-1}$  e  $3,34 \text{ m s}^{-1}$  respectivamente, com velocidade média de  $1,78 \text{ m s}^{-1}$ .

**Figura 17 – Velocidade média do vento do período de transplante das mudas até o fim da condução da pesquisa**



O vento influencia diretamente o microclima de uma área ou região, tanto positiva quanto negativamente. Dessa forma, ventos que ocorrem de maneira excessiva e contínua podem se tornar um grande problema para o desenvolvimento de atividades agrícolas, fazendo-se necessário alternativas para proteção da cultura, como os quebra-ventos. (PEREIRA; SENTELHAS; ANEGELOCCI, 2007).

A qualidade do lúpulo é avaliada por uma combinação de análise química e avaliação de aparência e aroma, o vento é um dos fatores que pode causar danos mecânicos, reduzindo a qualidade (NEVE, 1991).

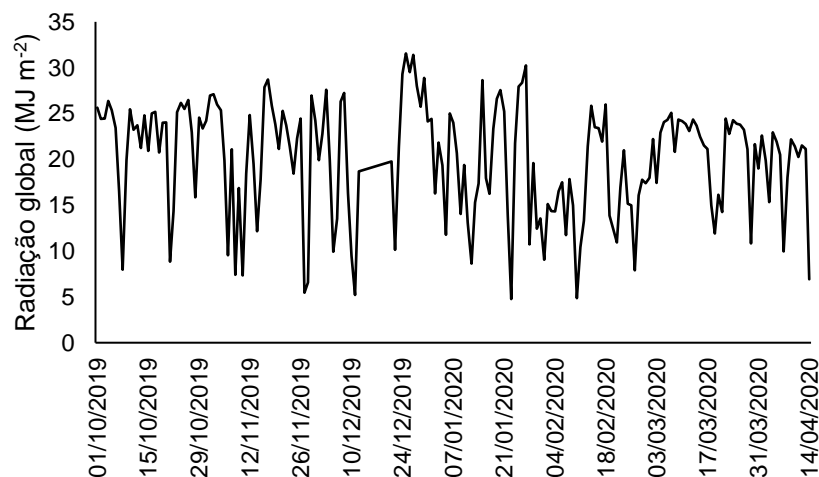
Dentro da faixa encontrada de velocidade do vento no presente trabalho, não foi verificado qualquer indicação de problemas em relação a este aspecto.

#### 4.1.4 Radiação global

Os valores de mínima e máxima radiação global foram de 4,71 e 31,55 MJm<sup>-2</sup>, enquanto a média no período ficou em 19,99 MJ m<sup>-2</sup> (Figura 18).

O ponto de saturação lúmica em regiões de clima temperado, onde há cultivares de lúpulo, varia entre 34,56 MJ m<sup>-2</sup> a 37,15 MJ m<sup>-2</sup>, considerando que em um dia sem nuvens, próximo ao meio dia, a intensidade de radiação que atinge a planta está entre 37,84 MJ m<sup>-2</sup> e 45,45 MJ m<sup>-2</sup>, sendo que é possível inferir que a planta fotossintetiza quase que a totalidade de luz absorvida pela folha (SPÓSITO et al., 2019).

**Figura 18 – Radiação global do período de transplântio das mudas até o fim da condução da pesquisa**



Os teores de  $\alpha$ -ácidos presentes nos cones de lúpulo não dependem apenas do período de amadurecimento mas também da intensidade de radiação recebido (RYBACĚK, 1991).

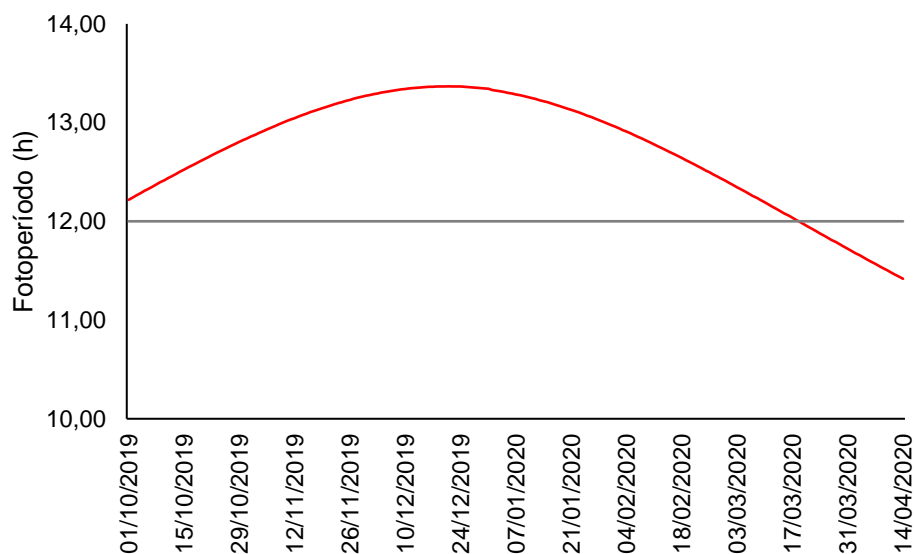
#### **4.1.5 Fotoperíodo**

No período de avaliação de crescimento e desenvolvimento da planta, o fotoperíodo de Botucatu manteve-se acima de 12 horas tendo sua queda a partir da segunda quinzena de março (Figura 19), nesse período foi possível observar também a cessão de crescimento da planta.

O lúpulo é uma planta sensível ao fotoperíodo (DODDS, 2017), podendo iniciar o florescimento em períodos que os dias tenham até 16 horas de luz e também, quando atender ao comprimento mínimo diurno entre 8 e 10 horas, de acordo com Spósito et al. (2019). As variedades de lúpulo diferem não apenas quanto à necessidade de comprimento crítico do dia para floração, mas também para o crescimento vegetativo (NEVE, 1991).

O fotoperíodo e a vernalização são dois dos mais importantes mecanismos subjacentes às respostas sazonais. O fotoperiodismo é uma resposta ao comprimento do dia ou da noite e a vernalização é a promoção do florescimento pelo frio (TAIZ et al., 2016). O rendimento e a qualidade do lúpulo apresentam forte correlação com estes dois fatores, limitando a produção principalmente para dentro da faixa de latitude de 35° a 55° (SIRRINE, 2010; DODDS, 2017; BAUERLE, 2020).

**Figura 19 - Fotoperíodo do período de transplântio das mudas até o fim da condução da pesquisa**

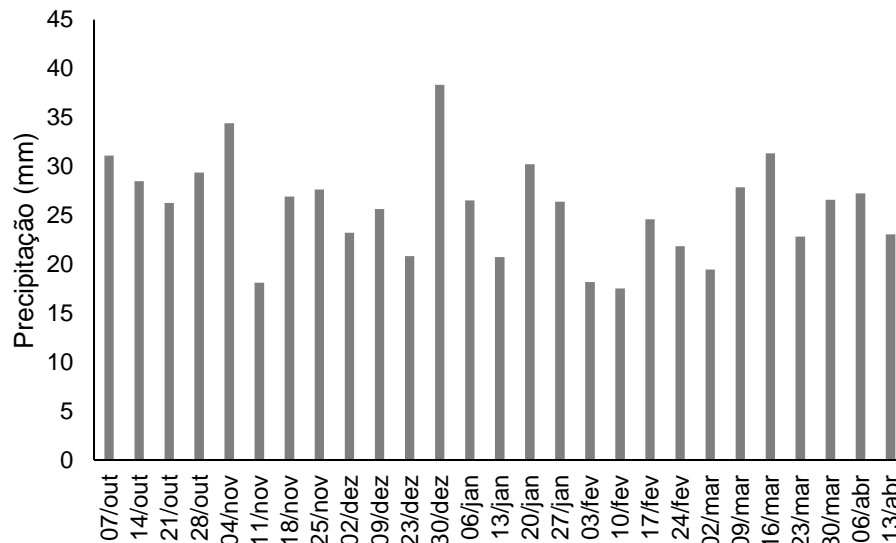


#### 4.1.6 Precipitação

A precipitação desde o transplântio das mudas até o fim das análises (outubro até a segunda quinzena de abril), apresentou um somatório de 1.196,4 mm referentes em 190 dias. Durante o período de coleta dos dados de tensão, para a obtenção da umidade do solo de forma indireta, a precipitação acumulada foi de 820 mm (Figura 20).

O trimestre de janeiro-março é considerado o mais chuvoso na cidade de Botucatu-SP, com média de 652,6 mm, apresentando aumento na ordem de 22,6% para o ano de 2020, com 800,4 mm. O período de outubro-março é responsável por cerca de 75% da precipitação anual, com 1.122,6 mm em média. Durante a etapa de desenvolvimento desta pesquisa, o somatório foi de 1.181,5 mm, 5,2% maior que a referência média. Janeiro, que é considerado o mês mais chuvoso, teve uma redução de 38,3% comparado com a média, 262,9 mm para 162,1 mm. Quando observado então a distribuição da precipitação no período, nota-se que a distribuição foi atípica. de 38,3% comparado com a média, 262,9 mm para 162,1 mm. Quando observado então a distribuição da precipitação no período, nota-se que a distribuição foi atípica.

**Figura 20 - Precipitação do período de transplântio das mudas até o fim da condução da pesquisa**



Neve (1991) orienta que para crescimento, desenvolvimento e produtividade esperados, segundo características de cada cultivar, a cultura do lúpulo necessita de suprimento de água, que pode variar de acordo com as condições climáticas do local de cultivo, da cultivar implantada e do solo.

Em algumas regiões de cultivo, a precipitação distribuída ao longo do ciclo produtivo é capaz de atender a demanda da cultura, no entanto, em regiões com baixa disponibilidade hídrica ou má distribuição, a irrigação é essencial para garantir a produção.

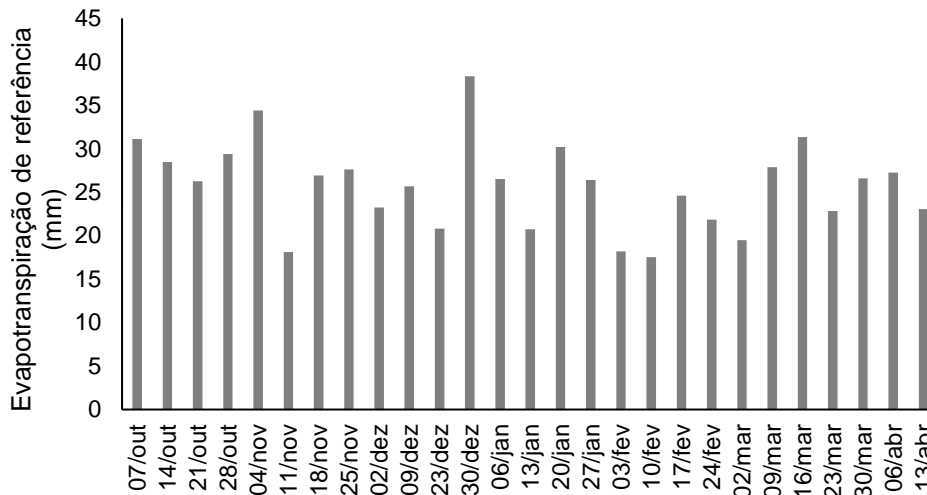
No Estado de Washington nos Estados Unidos, a demanda hídrica é de aproximadamente 760 mm durante o ciclo, maior do que no Estado de Oregon, com 450 a 500 mm (NEVE, 1991). Da área total cultivada com lúpulo nos EUA, 99% é irrigada, principalmente devido à má distribuição das chuvas em períodos onde a necessidade da planta não é tão alta, como na região do Pacífico Noroeste, onde chove cerca de 500 a 1.000 mm anualmente, predominantemente no período de dormência da planta, resultando em condições de seca durante o período produtivo (MORTON et al., 2017).

A precipitação na região de Botucatu, durante o desenvolvimento da pesquisa, supriu a necessidade da cultura, mas, principalmente, essa precipitação foi distribuída ao longo do período, atendendo a demanda da planta em cada fase de desenvolvimento.

#### 4.1.7 Evapotranspiração

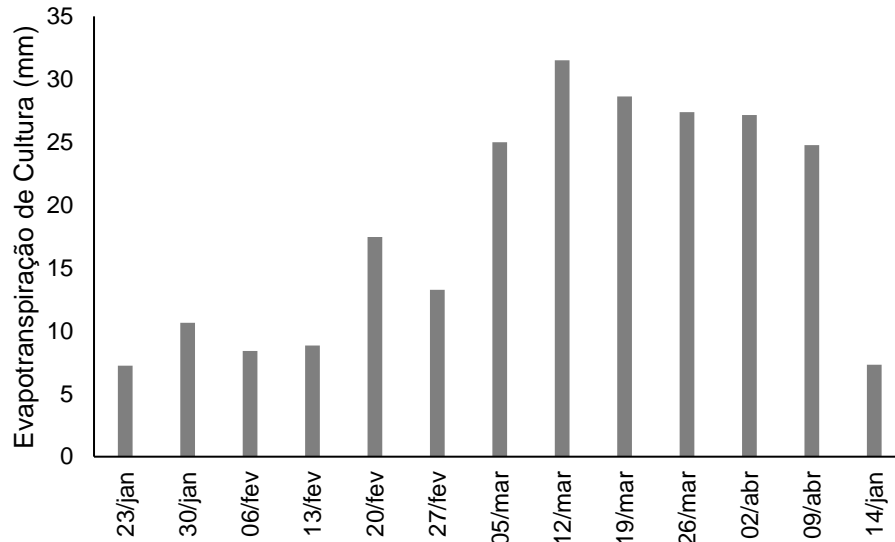
Na Figura 21 é possível observar o comportamento da evapotranspiração acumulada no intervalo de 7 dias. Entre 24 de dezembro e 30 de dezembro ocorreu a maior taxa de evapotranspiração, 38 mm, considerando uma média de 5,4 mm por dia nesse intervalo e a menor entre 4 de fevereiro e 10 de fevereiro com 17,5 mm, com média de 2,5 mm por dia.

**Figura 21 - Evapotranspiração de referência do período de transplântio das mudas até o fim da condução da pesquisa**



Na Figura 22 está apresentada a evapotranspiração de cultura no período de avaliação, utilizando os valores de  $K_c$  preconizados pela FAO. O acumulado de evapotranspiração de cultura no período somou 237,61 mm. O surgimento de flores pode ser notado na data de 27 de fevereiro, totalizando 40 dias desde o início das análises, e ao fim de março as plantas não apresentaram sinais de desenvolvimento. O período inicial, de desenvolvimento, médio e final do lúpulo são de 25, 40, 80 e 10 dias (ALLEN et al., 1998).

**Figura 22 - Evapotranspiração da cultura no período de avaliação da umidade do solo até o fim da condução da pesquisa**



Ao considerar que toda a demanda da evapotranspiração é fornecida pela chuva, a precipitação do período supriria a demanda evapotranspirométrica. Essa é uma importante informação quanto à demanda hídrica para cultivares a serem implantados em Botucatu-SP.

O processo de evaporação de água do solo é a mudança da água do estado líquido para o estado gasoso (vapor de água) e necessita de grande quantidade de energia, que provém da radiação solar e em menor proporção, da temperatura do ar (ALLEN et al., 1998). Cerca de 97% da água absorvida pelas raízes, é transportada pela planta e evaporada pelas superfícies foliares, essa perda denomina-se transpiração (TAIZ et al., 2017). A junção destes dois parâmetros forma a evapotranspiração.

De acordo com Fandiño et al. (2015), não há estudos que forneçam uma análise detalhada sobre a evapotranspiração ou balanço hídrico para o lúpulo. O autor relata ainda, que há pesquisas sobre a relevância da precipitação e da temperatura para o crescimento adequado, produtividade e qualidade da cultura e até mesmo estudos sobre o fluxo de seiva para estimar a transpiração, todavia, estudos que quantificam a evaporação do solo ou os componentes do balanço hídrico são escassos. Pesquisas desta magnitude auxiliam no entendimento dos fatores que afetam comportamento da planta em microescala e norteiam na tomada de decisões.

Conforme Srec̄c et al. (2008), o acúmulo de  $\alpha$ -ácidos apresenta correlação positiva com o rendimento de cones ( $r=0,89$ ), entretanto, quando comparadas estas duas variáveis com a evapotranspiração, a correlação encontrada é negativa ( $r=-0,75$  e  $r=-0,88$ , respectivamente).

Os fatores que afetam a evapotranspiração são relacionados ao clima, cultura, manejo e solo. Em relação aos parâmetros climáticos, os principais são: radiação, temperatura do ar, umidade atmosférica e velocidade do vento. Para cultura, os parâmetros são: tipo, fase de desenvolvimento, profundidade das raízes, área foliar e por fim, para os fatores de manejo e do solo: o espaçamento, cobertura do solo, quebra-ventos e conteúdo de água disponível (CAD), impedimentos físicos e químicos (ALLEN, 2005).

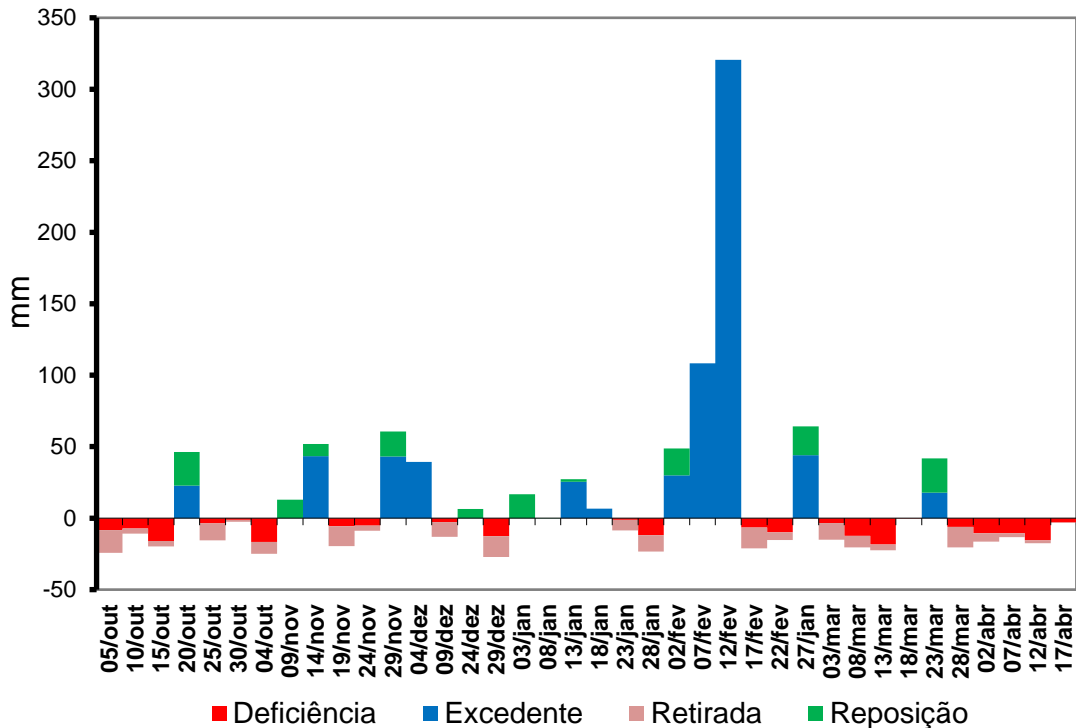
#### **4.1.8 Balanço hídrico**

O balanço hídrico (BH) é uma ferramenta que pode ser utilizada para o manejo da irrigação e uso racional da água na agricultura irrigada. De acordo com Pereira et al., (2007), o BH é uma adaptação do balanço hídrico climatológico sequencial, no qual, trabalha-se apenas na faixa de umidade do solo que a cultura consegue extrair água de acordo com a sua demanda. Esse intervalo de extração é entre a umidade na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) e úmida crítica ( $\theta_{crit}$ ), onde a deficiência hídrica se inicia.

Para estabelecer o controle da irrigação pelo BH, são necessárias algumas informações inerentes à cultura, como sua fenologia e demanda hídrica e também, às características físico-hídricas do solo, para a determinação da capacidade de água disponível (CAD) e água facilmente disponível (AFD) (PEREIRA; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2007).

A Figura 23 representa o comportamento do balanço hídrico obtido durante o período. Entre as datas de 07 de fevereiro de 2020 a 12 de fevereiro de 2020, quando comparado com o balanço hídrico normal climatológico (BHNC) (Figura 25), obtido na Estação Meteorológica da FCA, Campus de Botucatu, é possível observar que o excedente no período foi maior do que o excedente considerado no mês de fevereiro. Já o mês de janeiro foi considerado o mais chuvoso e apresentou taxas de excedentes menores.

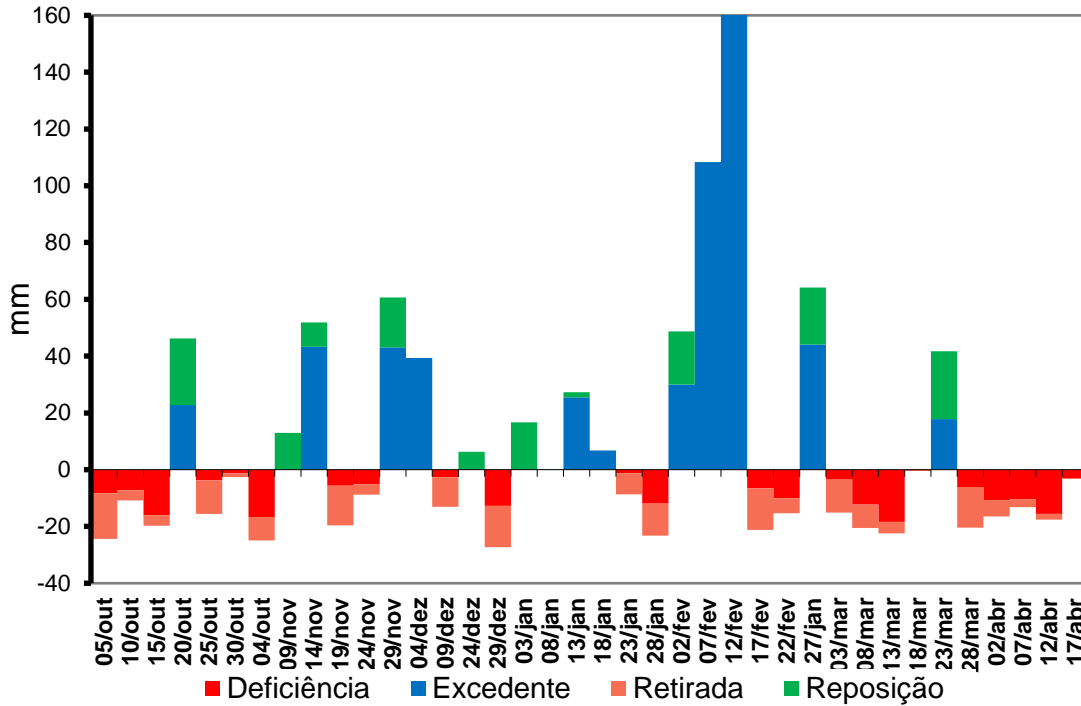
**Figura 23 - Balanço hídrico sequencial do período de transplanto das mudas até o fim da condução da pesquisa, apresentando deficiência, excedente, retirada e reposição de água. Botucatu – SP**



A Figura 24 apresenta um corte na escala do balanço hídrico sequencial do período, evidenciando a faixa esperada (Figura 24). Foi utilizada para o corte, a escala de referência do BHNC para efeito de comparação, entre -40 e 160 mm.

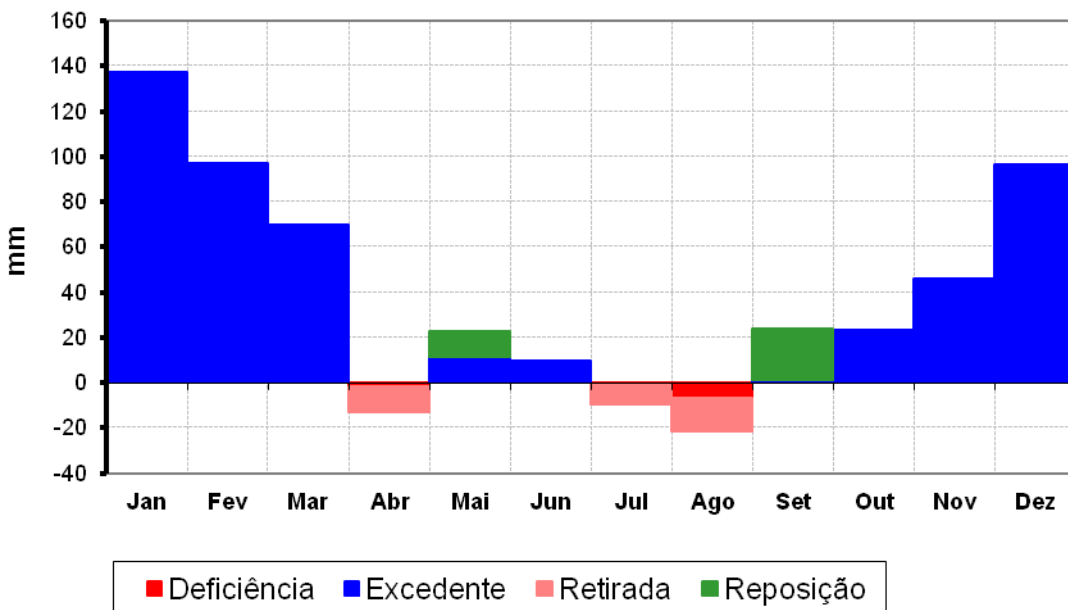
O BHNC apresenta variação de quantidades de água no solo entre aproximadamente -20 a 140 mm (Figura 25). O balanço sequencial, do período do experimento, mostra que a variação esteve entre -30 e 330 mm (Figuras 22 e 23).

**Figura 24 - Corte do balanço hídrico sequencial do período de transplanto das mudas até o fim da condução da pesquisa, evidenciando a faixa esperada, apresentando deficiência, excedente, retirada e reposição de água. Botucatu – SP**



**Figura 25 - Balanço hídrico normal climatológico entre os anos de 1971-2006 de Botucatu – SP**

Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano



Fonte: Estação Meteorológica Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu (2013)

Comparando os gráficos das figuras 22, 23 e 24 percebe-se que no mês de fevereiro o excedente de água foi superior ao esperado pelo BHNC. De fato, nesse período houve um volume de chuvas que ultrapassou os 300 mm, valor este acima do esperado para o período (por volta de 100 mm).

## 4.2 Parâmetros do solo

### 4.2.1 Umidade do solo

A umidade do solo apresentou efeito significativo em função da cobertura do solo utilizada (Tabela 10). Os tratamentos com cobertura vegetal diferiram estatisticamente do tratamento controle (sem cobertura).

**Tabela 10 – Média, desvio padrão e análise de variância para teores de umidade no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) em função da cobertura do solo**

Tratamento	Umidade
Sem cobertura	0,2677 ± 0,0346 b
Serragem	0,2831 ± 0,0313 a
Grama	0,2869 ± 0,02981 a
F calculado	0,01446*
CV (%)	11,4

\* significativo ao nível de 5% de significância (ANOVA); médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

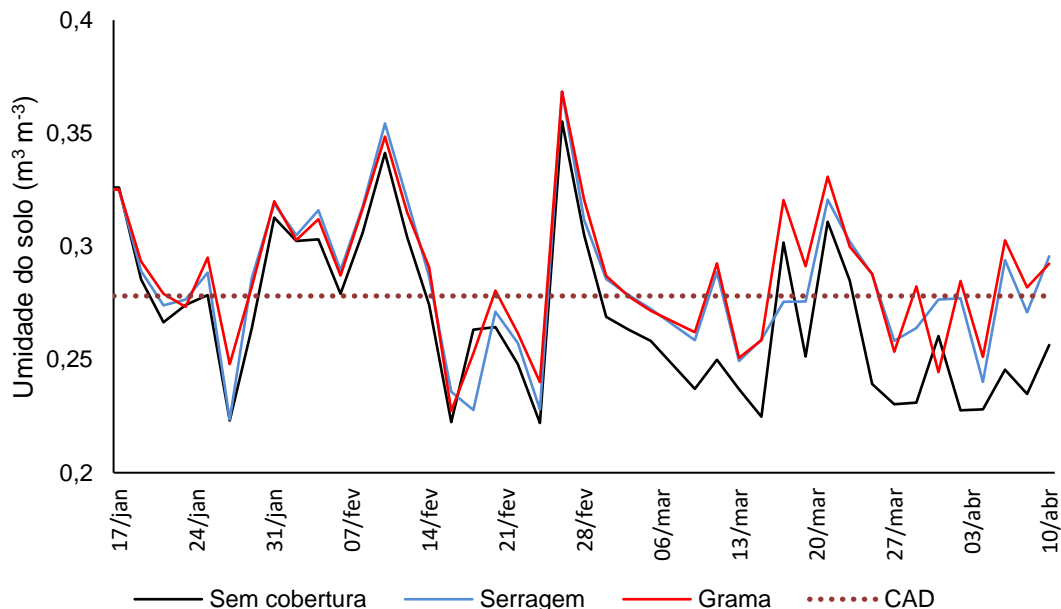
Quando comparadas ao tratamento controle, serragem e grama apresentaram umidades do solo mais elevadas, sendo esse aumento de 5,75% e 7,17%, respectivamente. Resende et al. (2005), avaliando a manutenção a umidade do solo com uso de diferentes coberturas mortas, incluindo serragem e capim seco, encontraram resultados em que a umidade do solo se manteve cerca de 2% superior no cultivo da cenoura. Solos com coberturas, quando comparados a solo descobertos, podem apresentar reduções de até 30% de evapotranspiração segundo dados da FAO (STANGHELLINI, 1993).

Resultados semelhantes foram encontrados por Forward (2017), avaliando diferentes coberturas do solo (sem cobertura, palhada, serragem e manta geotêxtil) e

fontes de nitrogênio (ureia e SUPER U com inibidor de uréase e ureia revestida com polímero) em três cultivares de lúpulo (Cascade, MT Hood e Santiam). A manta geotêxtil foi responsável pela maior retenção de umidade no solo, seguida da serragem e da palhada que foram semelhantes, já o tratamento com o solo sem cobertura, o conteúdo de água foi menor. Ainda de acordo com o autor, o uso de cobertura promoveu, com maior sucesso, o estabelecimento de mudas de lúpulo recém plantadas nas áreas de cultivo, quando comparadas as mudas sem coberturas, auxiliando também no controle de plantas invasoras

Quando se observa o comportamento da umidade do solo (Figura 26), é possível verificar que os períodos chuvosos, principalmente no fim de janeiro e no mês de fevereiro, influenciaram para que a umidade nos diferentes tratamentos se mantivessem próximas e acima da CAD. Já nos períodos em que houve menor taxa de precipitação, a umidade se manteve abaixo ou próxima da CAD e a diferença de umidade entre os tratamentos já apresenta maior variação. Nota-se que após o mês de fevereiro a umidade do tratamento sem cobertura se apresenta maior tempo abaixo da CAD e com maiores diferenças dos tratamentos com cobertura.

**Figura 26 – Comportamento da umidade do solo durante o período de avaliação**



Os benefícios do uso de cobertura morta no solo vão além da manutenção da umidade, o emprego desta técnica de manejo conservacionista também permite a melhoria do estado de agregação das partículas; aumento na capacidade de

armazenamento de água; incremento à microbiologia do solo; redução de perdas e melhora na solubilização de nutrientes (CALEGARI; COSTA, 2009), além do controle de plantas invasoras (MARTINS et al., 2016).

O lúpulo é uma planta que apresenta alta demanda hídrica durante o seu ciclo, deste modo, o emprego da cobertura vegetal é uma boa alternativa para o produtor rural, pois além de aumentar a retenção de água e proporcionar melhorias aos atributos químicos e físicos do solo, auxiliará no controle de ervas daninhas, visto que para o cultivo no Brasil ainda não há defensivos agrícolas registrados.

#### 4.2.2 Lâmina de irrigação aplicada

Os tratamentos utilizando serragem e grama foram iguais entre si, quantos às lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 11), mas diferiram do tratamento controle com solo sem cobertura, que para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, demandou de maior lâmina de água aplicada.

**Tabela 11 – Média, desvio padrão e análise de variância para lâminas de irrigação aplicadas (mm) em função da cobertura do solo**

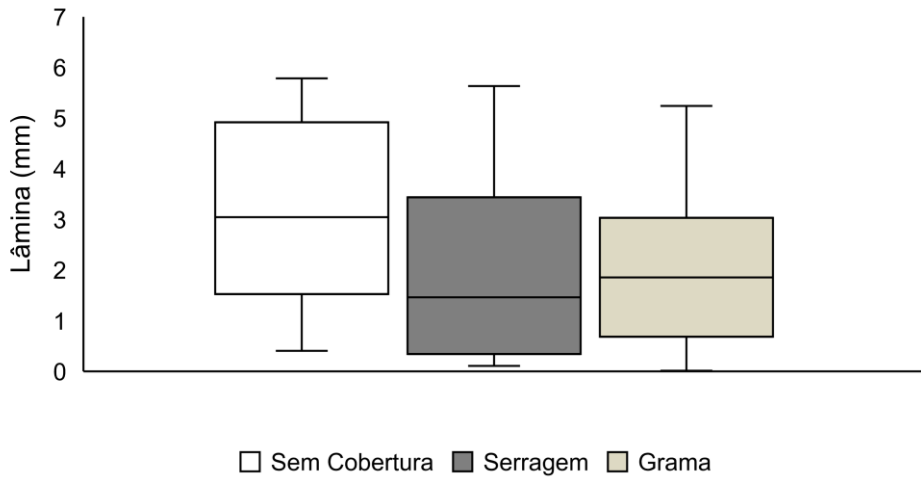
Tratamento	Lâmina
Sem cobertura	3,21 ± 1,76b
Serragem	1,95 ± 1,87 a
Grama	2,08 ± 1,54 a
F calculado	0,0328*
CV (%)	68,28

\* significativo ao nível de 5% de significância (ANOVA); médias seguidas pela mesma letra na linha coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

As lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos serragem e grama tiveram redução de 39,3% e 12,8% quando comparadas a tratamento sem cobertura do solo.

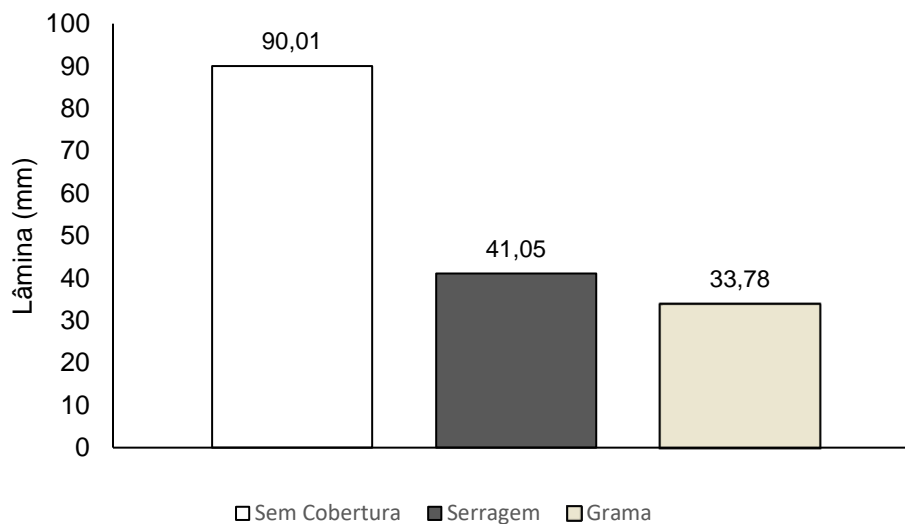
O comportamento das lâminas aplicadas em cada tratamento está apresentado na Figura 27, onde se pode observar que as lâminas no tratamento controle apresentaram maiores amplitudes, enquanto o tratamento com cobertura de grama apresentou necessidades de menores lâminas para a retomada na umidade na capacidade de campo. As medianas ficaram em 3,04 mm, 1,46 mm e 1,86 mm para Sem Cobertura, Serragem e Grama, respectivamente.

**Figura 27- Comportamento das lâminas de irrigação em função das diferentes coberturas do solo**



Ao final das avaliações, a necessidade de irrigação entre os tratamentos com cobertura tiveram menor lâmina acumulada (Figura 28). Os tratamentos utilizando serragem e grama ofereceram uma redução na necessidade de água de 54,39% e 62,47%, respectivamente, quando comparado ao tratamento sem cobertura do solo.

**Figura 28 – Acumulado das lâminas aplicadas em função da cobertura do solo, no período de 17/01/2020 a 10/04/2020**



A redução na lâmina de água nos tratamentos com serragem e grama é um indicador de que a cobertura vegetal aumenta a retenção de água no perfil do solo,

diminuindo suas perdas, em especial pela evaporação, além de contribuir com o uso racional e sustentável deste recurso hídrico. Vale ressaltar que se a irrigação fosse feita com base na evapotranspiração, a aplicação de água nos tratamentos com cobertura vegetal estaria sendo feita em excesso, sendo assim, para a condição experimental, os dados de Kc do lúpulo, preconizados pela FAO, não retratam as condições de cultivo da cidade de Botucatu. Outro fato importante é que o manejo da irrigação pode ser beneficiado com a combinação de manejos via solo e clima.

Para efeito de comparação, em termos de uso da água, considerou-se um consumo médio de uma pessoa de 150 L/habitante/dia (SNIS, 2009). A diferença entre a água aplicada em um hectare entre os tratamentos serragem e sem cobertura; e grama e sem cobertura seria capaz de atender a demanda de 3.264 pessoas e 3.749 pessoas, respectivamente.

A cobertura do solo é uma importante ferramenta para a manutenção da umidade do solo e sua associação com a irrigação pode aumentar a eficiência da produção. Delahunty e Johnston (2011), pesquisando o uso de coberturas do solo na cultura do lúpulo com e sem o uso de irrigação, encontraram maiores massas de cones quando foi combinado o uso da cobertura e irrigação.

A necessidade de água pelo lúpulo tem uma grande variação de acordo com a região. Estudos realizados em Ontário nos Estados Unidos citam que a necessidade de irrigação por semana varia de 25 a 35 mm (ELFORD, 2011) e em Harlletau, na Alemanha, Graf et. al. (2019), em estudos para prever o balanço hídrico do lúpulo, chegaram a valores de que a planta consome até 50 L/dia de água.

O lúpulo é uma cultura de alto valor agregado, com rendimento e qualidade afetados quando sujeito ao estresse hídrico (JACKSON; SIEGLE; SCOGGNS, 2019) e a irrigação suplementar é uma forma de fornecer água adicional e no período necessário quando essa não é disponibilizada pela precipitação.

Um levantamento realizado por Fagherazzi et al. (2018), dos custos de instalação de 1 hectare de lúpulo no planalto Sul Catarinense, mostra que o sistema de irrigação representa menos que 1% dos custos na implantação

O consumo de energia é outro parâmetro importante que deve ser considerado quando o assunto é irrigação, pois apresenta impacto direto no custo total de produção. De acordo com Vescove; Turco (2010), a irrigação tem grande participação no consumo de energia no meio rural e o manejo desta prática normalmente não é realizado, onde o produtor acaba irrigando em excesso a fim de evitar que a cultura

sofra estresse hídrico por falta de água. Esse excesso acarreta desperdício de água e de energia elétrica.

Na Tabela 12 estão representados os dados de consumo e de custo de energia elétrica para o desenvolvimento desta pesquisa. Os valores obtidos são baixos, principalmente por ser estimado para apenas um hectare e um sistema de bombeamento com baixa potência (0,5 HP), mas ainda assim é possível observar a redução no custo total para os tratamentos com cobertura do solo.

**Tabela 12 – Consumo e custo da energia elétrica, estimados em hectare, em função dos tratamentos\***

	Volume de água por hectare (m <sup>3</sup> )	Tempo de operação (h)**	Consumo de energia (kWh)	Tarifa (R\$/kW) Grupo B2***	Total R\$
Sem cobertura	900	454,5	169,46	0,34	57,62
Serragem	410,5	207,3	77,29	0,34	26,28
Grama	337,8	170,6	63,61	0,34	21,63

\*Apenas os custos pelo uso do kWh, as demais tarifas cobradas pelo uso da energia não estão incluídas; \*\*Sendo a vazão da bomba utilizada nesse experimento de 1,98 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>; \*\*\*Tarifa verde de serviço público para irrigação no horário de ponta da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL).

O consumo de energia foi relativamente baixo visto que a área irrigada é pequena, porém esse custo em uma área superior à analisada se intensifica. A redução do consumo em kWh no tratamento com serragem ficou em 54,4% e com grama 62,5% em relação ao tratamento sem cobertura. Logo, além de menor uso dos recursos hídricos, a aplicação de cobertura vegetal no solo também implicará na redução do custo de energia, pelo menor tempo de acionamento do sistema de irrigação.

#### 4.2.3 Atributos químicos do solo

Todos os tratamentos obtiveram aumento nos teores de matéria orgânica no solo (MOS) (Tabela 13). Sendo 12,5 %, 68,75% e 31,25% de aumento nos teores de MOS., nos tratamentos sem cobertura, serragem e grama, respectivamente, em relação ao início da pesquisa (Tabela 1) quando o teor de MOS encontrava-se em 16 g dm<sup>-3</sup>.

Fatores como a entrada de material orgânico, sua taxa de mineralização, textura do solo e clima, determinam a quantidade de matéria orgânica no solo. (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013). A MOS é considerada a principal indicadora da qualidade do solo, servindo de base para sustentabilidade agrícola, auxiliando na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (LAL, 2004). Dentre os vários benefícios da MOS destaca-se a retenção de água devido ao melhor condicionamento físico do solo (BOULAL et al., 2011).

**Tabela 13 – Caracterização química do solo em cada tratamento após período de análises**

Tratamento	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	CTC
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					
Sem cobertura	4,5	18	35	2	56	7,9	22	4	90
Serragem	4,2	27	31	4	94	7,8	14	4	120
Gramma	4,5	21	81	4	60	9,5	45	3	117

Tratamento	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	mg dm <sup>-3</sup>					
Sem cobertura	38	4	0,43	4,7	60	9,5	2,8
Serragem	22	25	0,40	4,5	79	10,8	2,4
Gramma	49	83	0,45	5,1	74	9,0	2,8

Sendo: MO – matéria orgânica; pH – potencial hidrogeniônico; Presina – extrator de fósforo; Al<sup>3+</sup> - acidez trocável; H+Al – acidez potencial; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca cátions; V – saturação por bases; S – enxofre; B – boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês e Zn – zinco

As aparas de grama promoveram aumento no teor de P, K, Ca e S no solo, o que pode ser explicado pela sua composição nutricional apresentar maiores concentrações destes nutrientes quando comparada à serragem, de 4 g Kg<sup>-1</sup>, 15 g Kg<sup>-1</sup>, 4 g Kg<sup>-1</sup> e 2,5 g Kg<sup>-1</sup> contra 0,2 g Kg<sup>-1</sup>, 3 g Kg<sup>-1</sup>, 0 g Kg<sup>-1</sup> e 0,8 g Kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Outro parâmetro de grande importância que se relaciona com os atributos químicos do solo, é a proporção entre a quantidade de carbono (C) e de nitrogênio (N) (relação C/N), que para a grama é de 23/1 e para a serragem de 252/1. A relação C/N indica a taxa de decomposição e de mineralização dos nutrientes, baixa relação indica rápida liberação de nutrientes, em especial de nitrogênio, para o solo, todavia,

persistem pouco tempo sobre o solo e alta relação, maior do que 60/1, indica decomposição lenta e maior persistência do material vegetal no solo (OLIVEIRA et al., 2019).

A acidez potencial é outro parâmetro que merece destaque, visto que o aumento proporcionado pelo tratamento utilizando serragem como cobertura morta foi de 67,9% em relação ao tratamento sem cobertura. A acidez potencial é a soma da acidez trocável e da acidez não trocável do solo (LOPES et al., 1991). Deste modo, o uso dessa fonte como cobertura do solo merece atenção, uma vez que a acidez potencial caracteriza o poder tampão do solo, que é a resistência do solo em ter o valor do pH alterado e quanto maior a acidez potencial, maior será o poder tampão e maior será a quantidade de bases necessária para neutralizá-la (KAMINSKY et al., 2002; SILVA, 2005)

Em relação à grande parte dos nutrientes, a grama forneceu maior aumento nos teores, isso se deve a baixa relação C/N que faz o material ser mineralizado mais rapidamente incorporando seus nutrientes no solo.

A CTC do solo é influenciada pela fração mineral e orgânica do solo (VERDADE, 1956), sendo a contribuição da MOS para a CTC estimada entre 56% - 82% da CTC total do solo em condições tropicais (RAIJ, 1981).

O pH dos materiais utilizados variavam de 6,2 na grama e de 4,8 na serragem (Tabela 6). É possível observar que a serragem, mesmo tendo maiores teores de MOS também aumentou a acidez do solo, diminuindo a saturação por bases. Segundo Ronquim (2010), solos com acidez elevada apresentam baixos teores de bases (cálcio, magnésio e potássio), excesso de manganês, elevado teor de alumínio tóxico, deficiência de alguns micronutrientes e fixação de fósforo nos colóides do solo.

### **4.3 Fatores meteorológicos x cobertura do solo**

#### **4.3.1 Correlação Canônica dos fatores**

A correlação canônica foi realizada a fim de obter a correlação entre os dois grupos de variáveis: lâminas de irrigação nas diferentes coberturas mortas do solo e fatores meteorológicos.

Na Tabela 14 observa-se os resultados. Nenhuma correlação canônica foi significativa. Porém, observa-se que o primeiro par de variáveis canônicas apresentou

uma correlação canônica, evidenciando uma correlação entre as coberturas do solo utilizadas e os fatores meteorológicos.

Ainda na Tabela 14 é possível observar as cargas canônicas e cargas canônicas cruzadas de cada par  $u_t$  e  $v_t$ . A variável canônica  $u_1$  caracterizando a cobertura do solo apresenta correlações positivas elevadas com as lâminas de irrigação de todos os tipos de cobertura, ou seja, essa variável associa-se positivamente com a lâmina sem cobertura (0,990), seguida da lâmina para cobertura com serragem (0,917) e Grama (0,872).

**Tabela 14- Cargas canônicas, correlação canônica entre o componente cobertura do solo ( $u_t$ ) e fatores climáticos ( $v_t$ ), auto valor e resultado do teste estatístico**

Variáveis canônicas	Variáveis	Coeficientes de funções canônicas		
		1 <sup>st</sup> ( $u_1.v_1$ )	2 <sup>nd</sup> ( $u_2.v_2$ )	3 <sup>rd</sup> ( $u_3.v_3$ )
Cobertura do solo ( $u_t$ )	Sem cobertura	0,990	-0114	0,078
	Serragem	0,917	0,301	0,0263
	Grama	0,872	0,016	0,489
Fatores Meteorológicos ( $v_t$ )	Temperatura	0,054	0,980	-0,004
	Precipitação	-0,673	-0,314	-0,398
	Radiação	0,905	0,244	-0,334
	Umidade	0,001	0,181	0,666
	Vento	0,213	-0,609	-0,251
Correlação Canônica		0,64	0,379	0,146
Auto valor		0,41	0,143	0,021
Teste Estatístico		24,276	6,084	0,746
p valor		0,061	0,638	0,862

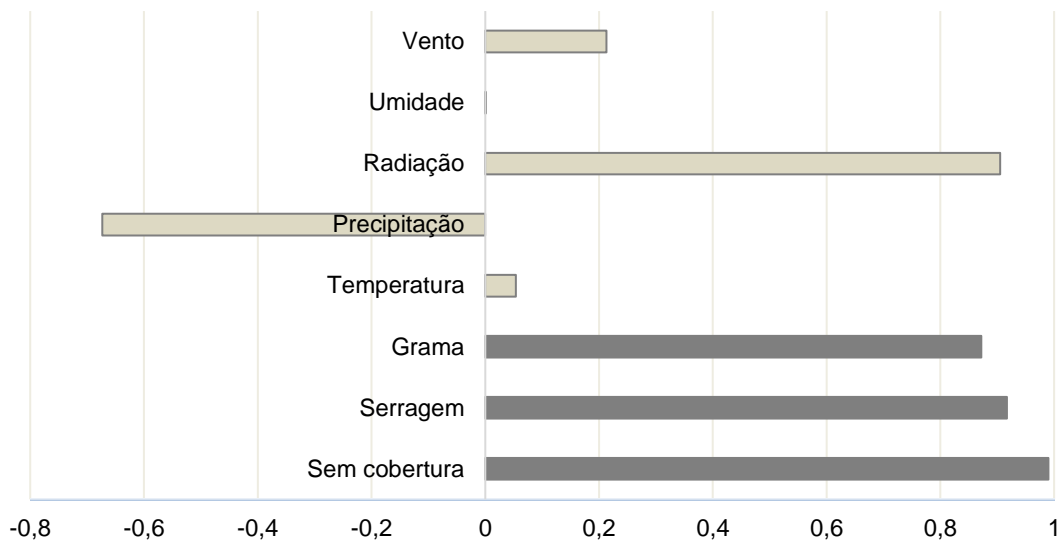
Na Figura 29 pode-se observar os valores das funções canônicas e seus comportamentos, sendo interpretado que as variáveis que representam  $v_1$  são radiação (0,905) e precipitação (-0,673). Logo, as características climáticas são representadas em 81,9% ( $0,905^2 \times 100$ ) pela radiação e 45,3% ( $-0,673^2 \times 100$ ) pela precipitação.

Quando a radiação se apresenta alta, a lâmina de irrigação a ser aplicada tende a ser maior, pois há a diminuição da umidade do solo pela evapotranspiração. Dentre

os elementos climáticos que proporcionam energia para evaporação e remoção de vapor d'água de superfícies evaporantes, a radiação é o elemento de maior importância na demanda evapotranspirativa da atmosfera (MEDEIROS, 2002). Filho et al. (2015), estudando a influência das variáveis climáticas na evapotranspiração em Areia, na Paraíba, e Silva et al. (2012) no Vale do Submédio São Francisco, relatam que a evapotranspiração está relacionada diretamente com o valor de radiação.

Dessa forma, os resultados apontados pelas correlações canônicas eram esperados para a análise realizada e confirma o fato de ser a radiação um fator determinante para a perda de água do solo, o que pode ser minimizado por meio das coberturas analisadas.

**Figura 29 - Correlação entre as variáveis de cobertura do solo com a variável canônica  $u_1$  e as de fatores meteorológicos com a variável canônica  $v_1$**



#### 4.3.2 Análise dos Componentes principais

A análise dos componentes principais foi utilizada para analisar as interrelações entre as variáveis cobertura do solo e fatores meteorológicos.

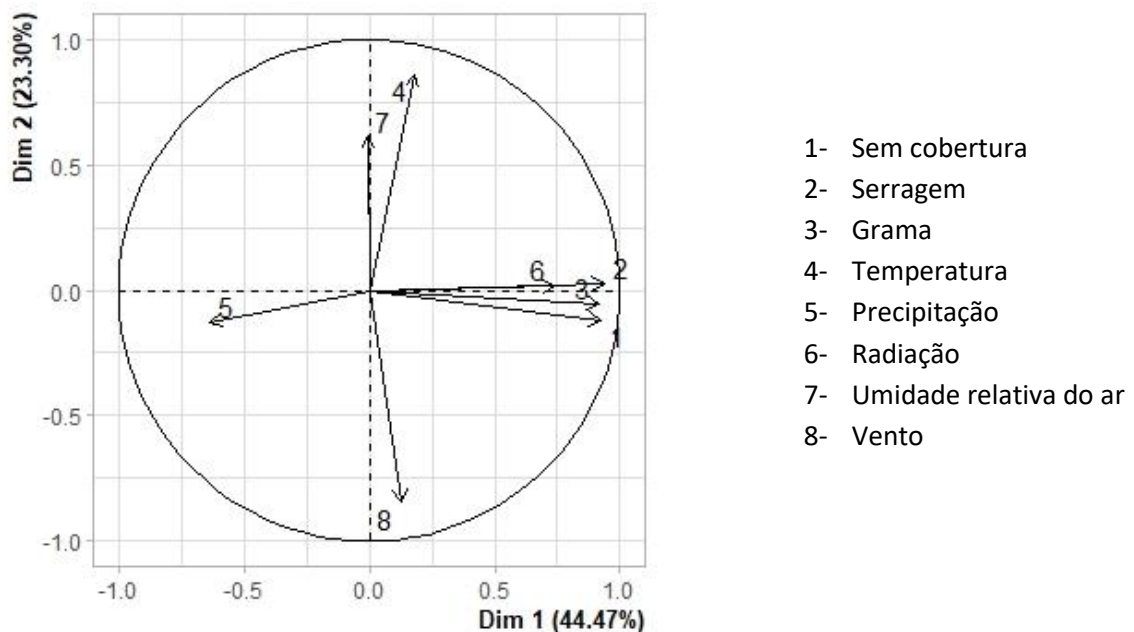
**Tabela 15 – Correlações aplicadas a cada componente principal**

Componentes principais	Variáveis	Correlação
Dimensão 1(x)	Sem cobertura	0,924
	Serragem	0,938
	Gramma	0,916
	Radiação	0,734
	Precipitação	-0,632
Dimensão 2(y)	Temperatura	0,863
	Umidade relativa do ar	0,611
	Vento	-0,843

Os componentes principais apresentaram as variáveis de coberturas do solo e radiação e precipitação como sendo responsáveis por explicar o comportamento da umidade do solo.

Na Figura 30 é possível analisar o *biplot* das variáveis. Nota-se que o comportamento das coberturas do solo e radiação foram semelhantes, ou seja, estão direcionados para o mesmo quadrante da Figura 30.

**Figura 30 - Biplot sobre as variáveis cobertura do solo e fatores meteorológicos pela análise dos componentes principais**



As lâminas de irrigação são maiores quando são positivamente influenciadas pela radiação, e ao contrário acontece com a precipitação que influencia negativamente as lâminas, ou seja, maiores precipitações, menores lâminas de irrigação. Quando um dado se encontrar no quadrante positivo tanto no eixo x quanto no eixo y, ele estará sendo influenciado positivamente pela cobertura do solo, radiação, temperatura e umidade relativa do ar. Quando se encontrar no eixo x negativo e y positivo, a umidade do solo é influenciada pela precipitação, temperatura e umidade relativa do ar.

Dessa forma, tanto as correlações canônicas quanto à análise de componentes principais indicam que os fatores climáticos radiação e precipitação têm forte influência sobre a umidade do solo.

A precipitação, além de aumentar a umidade do solo, ainda influenciou positivamente a produtividade de lúpulo da cultivar Saaz em pesquisas realizadas na República Tcheca (DONNER et al., 2020). As condições meteorológicas durante a temporada de cultivo desempenham um papel importante em influenciar a produção do lúpulo (DONNER, et al. 2020), principalmente o estresse hídrico que durante a floração, desenvolvimento e a maturação do cone faz com que haja diminuição significativa de rendimento e concentração de alfa-ácidos (SREČEC et al. 2008).

## **4.4 Parâmetros da planta**

### **4.4.1 Crescimento vegetativo**

Na Tabela 16 observa-se um resumo descritivo (média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo) dos dados das variáveis massa fresca, massa seca e diâmetro da planta. O desvio padrão elevado nas variáveis de massa em alguns tratamentos indica a necessidade de avaliar um número maior de planta em futuros experimentos ou problemas externos em algumas plantas, causados por alguns reveses durante a pesquisa.

**Tabela 16 - Média, desvio padrão (entre parênteses), mediana, mínimo e máximo das variáveis massa fresca, massa seca e diâmetro de planta**

Tratamento	Massa fresca (g)	Massa seca (g)	Diâmetro (mm)
	56,17(15,7)	16,92(3,96)	3,4 (0,315)
Sem cobertura	49,75(44,71-74,06)	15,04(14,25-21,48)	3,23 (3,21-3,77)
Serragem	56,92 (31,76)	15,77 (8,72)	3,35 (0,44)
	43,92 (33,72-93,11)	13,38 (8,5-25,44)	3,32(2,92-3,8)
	68,63 (67,53)	19,4 (18,14)	4,14 (0,5)
Gramma	35,35 (24,9 – 146,34)	10,51 (7,43-40,27)	3,91(3,78-4,71)
<b>*Valor p</b>	0,717 <sup>ns</sup>	0,717 <sup>ns</sup>	0,097 <sup>ns</sup>

\*Teste não paramétrico de Friedman

O crescimento vegetativo das plantas pode ter sofrido influência principalmente de dois fatores, sendo o primeiro o período da análise que foi em abril, onde o fotoperíodo já havia apresentado redução a partir da segunda quinzena do mês de março. De acordo com Bauerle (2019), o fotoperíodo junto com a temperatura são os fatores de maior importância para limitar o crescimento e a produção de lúpulo, que é uma planta exigente em luz, sendo que a necessidade no período vegetativo fica entre 1.300 a 1.500 horas (RYBACEK, 1991).

E o segundo fator, devido a fitotoxicidade que as plantas sofreram pelo resíduo de algum produto químico na bomba de pulverização, durante a aplicação de óleo de Neem para o controle das seguintes pragas (Figura 31): Besouro verde (*Maecolaspis trivilis*), vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e besouro preto (*Lagria villosa*). Dentre as pragas encontradas na área, a de maior incidência foi o besouro verde, atingindo uma média de 12 indivíduos por planta durante o levantamento populacional realizado.

**Figura 31 – A) Besouro verde; B) Vaquinha; C) Besouro preto**



Os efeitos da fitotoxicidade foram observados em torno de três dias após a aplicação, com sinais de amarelecimento das folhas, necrose do tecido e diminuição da área foliar (Figura 32). Após este incidente, que ocorreu em janeiro, para tentar uniformizar as plantas que se encontravam no estágio reprodutivo, foi realizada uma poda a uma altura de 20 centímetros do solo.

**Figura 32 – Sintomas de fitotoxicidade nas plantas de lúpulo cv. Mapuche**



#### 4.4.2 Teor nutricional

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados da análise química do tecido foliar em função dos tratamentos. Não foi observado uma tendência de maior e/ou menor concentração de nutrientes de acordo com as coberturas vegetais utilizadas.

De acordo com Villar (2007), a avaliação do estado nutricional de uma planta consiste simplesmente em comparar uma amostra com um padrão, ou seja, plantas que apresentem quantidade e proporção adequada dos nutrientes, possibilitando altas

produções e bom aspecto visual. Há poucas informações na literatura que abordam o estado nutricional do lúpulo. Embora em alguns países, como Estados Unidos e Alemanha, esta cultura apresente um grau de importância alto (IHGC, 2018) comparado ao Brasil, ainda assim, há a carência de pesquisas para melhor entender o comportamento da planta e dos aspectos que se relacionam com o seu crescimento e desenvolvimento.

**Tabela 17- Análise de tecido foliar da cultura em cada tratamento**

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg <sup>-1</sup> -----					
Sem cobertura	31	2,6	16	57	7,3	1,4
Serragem	33	2,3	20	52	8,0	1,3
Gramma	33	1,9	23	56	7,7	1,4
Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	-----mg kg <sup>-1</sup> -----					
Sem cobertura	48	10	408	610	42	
Serragem	67	9	344	657	38	
Gramma	68	9	285	645	38	

Sendo: P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; SB – soma de bases; S – enxofre; B – boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês e Zn – zinco.

De acordo com Afonso et al. (2020), avaliando o teor nutricional de sete áreas de produção de lúpulo Nugget em Portugal, com vigor de plantas caracterizado como baixo, razoável e bom, as faixas encontradas foram de: 42; 44 e 46 g Kg<sup>-1</sup> para o nitrogênio, 3,1; 3,0; 3,1 g Kg<sup>-1</sup> para o fósforo e 11,5; 13,3 e 13,6 g Kg<sup>-1</sup> para o potássio.

Dagostim (2019), avaliando a adubação nitrogenada na cultivar Cascade no município de Lages – SC, obteve os seguintes teores foliar: 36,2; 4,7; 27,2; 13,4 e 6,8 g Kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg. Guimarães (2020), pesquisando o efeito de diferentes faixas de pH para a mesma cultivar em cultivo protegido, no município de Botucatu-SP, os teores no tecido foliar foram de: 29; 1,6; 9,3; 31,9; 8,8 e 1,1 de g Kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca; Mg e S.

Para a cultivar Mapuche, os teores de macronutrientes encontrados nesta pesquisa ficaram entre os obtidos por Dagostim (2019) e Guimarães (2020), evidenciando que há a necessidade de se realizar mais estudos com a cultura para

que seja possível estabelecer uma faixa recomendada de nutrientes que promova adequadas condições de crescimento, produtividade e sanidade na planta, além de um adequado programa de adubação, de maneira racional e que atenda a demanda da planta.

A concentração dos micronutrientes encontradas por Guimarães (2020) foram de: 57; 26; 244; 81,4; 15,1 mg kg<sup>-1</sup> de B, Cu, Fe, Mn e Zn. Resultados bem distintos comparados à Afonso et al. ((2020) e nesse trabalho, em que os teores de Fe, Mn e Zn foram mais elevados e Cu inferior, apenas B com valores aproximados.

As quantidades de micronutrientes absorvidas pelas plantas geralmente são baixas, conforme Raij (2011), mas pode ocorrer o chamado consumo de luxo, onde a planta aparentemente apresenta bom crescimento, contudo, o acúmulo desnecessário de nutrientes pode acarretar toxidez.

A análise química do tecido vegetal assume papel de grande importância para o conhecimento do estado nutricional da planta, em especial para o nitrogênio (FAQUIN, 2002), pois não há um índice na análise de solo, podendo então ser uma ferramenta adicional ao manejo da adubação, permitindo o ajuste de nutrientes que estiverem em deficiência ou em excesso (GODOY; VILLAS BÔAS, 2006).

No Brasil, de acordo com Raij (2011), a interpretação da análise foliar se baseia nos chamados “níveis críticos”, abaixo dos quais poderiam acarretar perdas de produção, contudo, não é uma tarefa simples estabelecer estes limites, pois esta relação pode ser influenciada por muitos fatores externos (como solo, umidade do solo, temperatura, cultivar, etc.)

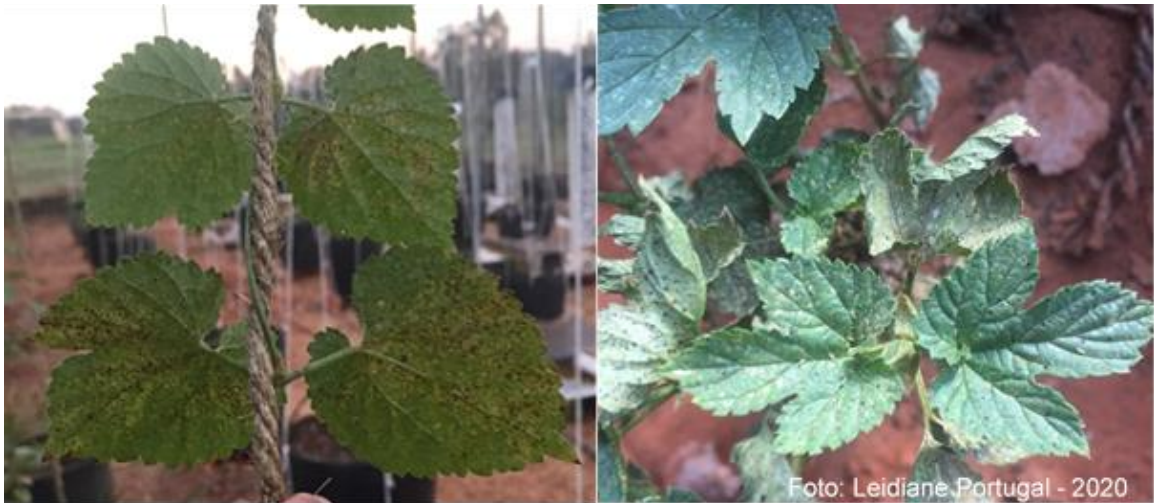
## 5 REVESES DA PESQUISA

Desde o início da pesquisa, alguns obstáculos precisaram ser vencidos para a conclusão do trabalho em campo, sendo aqui expostos em sequência:

A – As mudas foram adquiridas por meio de doação pela UDESC-Lages/SC, um total de 20 mudas, sendo que por problemas de adaptação ao clima, o experimento acabou por ser realizado com apenas 14 das mudas disponíveis;

B – Antes do plantio das mudas em campo, essas foram mantidas em estufa para aclimação. Devido à alta umidade no período, houve excessivo ataque de pragas como pulgão e ácaro e a presença de oídio, mesmo com controles de produtos biológicos (Figura 33).

**Figura 33 – Ataques de pulgões e ácaros nas folhas das mudas de lúpulo cv. Mapuche**



C – Após plantio das mudas, as plantas levaram cerca de um mês e meio para expressar adaptabilidade e começarem a se desenvolver;

D – Ao ser realizada a limpeza em volta da área de pesquisa, pragas que se hospedavam em plantas daninhas começaram a atacar as plantas de lúpulo. Em alguns dias a contagem das pragas superaram cerca de 12 indivíduos por planta (Figura 34).

**Figura 34 – A) e B) Folhas que foram atacadas pelas pragas, C) Besouro verde (*Maecolaspis trivilis*), praga de maio expressividade na área**



E – Não há produtos para controles de pragas do lúpulo registrados no Brasil e na tentativa de realizar o controle com produto biológico, fez-se uso de bomba costal que poderia apresentar resíduo de herbicida, causando fitotoxicidade na planta (Figura 31);

F – As plantas permaneceram em constante estresse, tanto pelos ataques de pragas e doenças como por fitotoxicidade que levaram a realização da poda para retomada do crescimento e reinício das leituras das tensões para obtenção da umidade do solo; G - Após a poda, a planta apresentou um rápido crescimento, mas devido a redução do fotoperíodo houve travamento no crescimento, com as plantas não chegando no fio a 2,80 m de altura;

H – As plantas começaram a apresentar sintomas de deficiência nutricional, como encarquilhamento das folhas, redução do entrenó e clorose, inclusive em mudas produzidas a partir da poda das plantas. Como não é conhecida a adubação para as regiões produtoras no Brasil, a adubação realizada pode não ter suprido as necessidades das plantas (Figura 35).

**Figura 35 – A) Deficiência em mudas produzidas a partir das plantas em campo da var. Mapuche, B) Encurtamento do entrenó, C) Encarquilhamento da folha**



9 – Devido a todos esses reveses e também por ser o primeiro ano da planta em campo, não houve produção de cones suficiente para realização de análise dos teores de  $\alpha$ -ácidos e  $\beta$ -ácidos, sendo necessário ao menos 20 g para realização.

## 6 CONCLUSÃO

O uso de cobertura do solo proporcionou a manutenção da umidade deste, podendo assegurar uma quantidade de água por um maior tempo para a planta, além de aumentar o teor de matéria orgânica do solo e promover economia quanto ao recurso hídrico e de energia elétrica.

A radiação e a precipitação foram os principais fatores climáticos responsáveis pelos teores de umidade do solo.

A Mapuche está sendo introduzida no país, mas não é uma das cultivares mais utilizadas, porém apresentou resistência durante o experimento frente aos grandes reveses enfrentados.

Mais estudos devem ser realizados para que a necessidade hídrica da planta seja conhecida, além de outros tratamentos culturais, como adubação.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, S; ARROBAS, M; RODRIGUES, M. A. Soil and Plant Analyses to Diagnose Hop Fields Irregular Growth. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. v.20, p. 1999–2013, 2020.

ALLEN, R.G.; PEREIRA L.S.; SMITH, M.; RAES, D.; WRIGHT, J.L. 2005. FAO-56 Dual Crop Coefficient Method for Estimating Evaporation from Soil and Application Extensions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 2005. v 131.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 328p.

American Public Health Association - APHA. **Standard methods for the examination for water and wastewater**. ed. 22. Washington, DC: APHA/AWWA/WEF, 2012.

AQUINO, A. M. et. al. **Referencial Técnico de Atratividade Agropecuária – Lúpulo**. Nova Friburgo, RJ: Embrapa, 2019.

Associação Brasileira dos Produtores de Lúpulo – APROLÚPULO, 2020. Disponível em: [Aprolúpulo \(aprolupulo.com.br\)](http://aprolupulo.com.br). Acesso em: 19 out. 2020.

BAUERLE, W.L. Disentangling photoperiod from hop vernalization and dormancy for global production and speed breeding. **Scientific Reports**, vol 9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52548-0>. Acesso em: 20 dez. 2019.

BOULAL, HAKIM.; GÓMEZ-MACPHERSON, HELENA.; GÓMEZ, J. A.; MATEOS, L. Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops. **Soil & Tillage Research**, v.115, p.62–70, 2011.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. 3. ed. 2013. 716p.

CALEGARI, A.; COSTA, A. **Manutenção da cobertura melhora atributos do solo**. 9. ed. Paraná: Visão Agrícola, 2009.

CARRILHO, F. Necessidades do lúpulo do ponto de vista do clima e trabalhos culturais. **Jornadas Técnicas sobre a Cultura do Lúpulo**, Braga. 1981

CARTER, P. R.; OELKE, E. A.; KAMINSKI, A. R.; HANSON, C. V.; COMBS, S. M.; DOLL, J. D.; WOLF, G. L.; OPLINGER, E. S. **Hop - Alternative Fields Crops Manual**. 2000. Disponível em: <[www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/hop.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/hop.html)>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

CERVBRASIL (Associação Brasileira da Indústria da Cerveja), 2013.  
CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. California Agricultural Experiment Station Bulletin, 1942

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.9, n.17; p. 1842-1860, 2013.

DAGOSTIM, M. D. **Crescimento do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) em função da adubação nitrogenada e da aplicação de ácido giberélico foliar**. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2020.

DAL PAI, A.; DAL PAI, E.; SARNIGHAUSEN; V. C. R.; ESCOBEDO, J. F. Evaluation of anisotropic correction models for diffuse solar irradiance measured by the MEO shadow ring method. **J. Renewable Sustainable Energy**, Melville, v. 12, n. 6, p. 1-11, 2020.

DARBY, H.; MADDEN, R.. **Fertility Guidelines for Hops in the Northeast**. University of Vermont, Vermont. 2011. Disponível em: <<https://www.uvm.edu/extension/cropsoil/wp-content/uploads/HopFertilityManagementNE.pdf> >. Acesso em: 06 jan. 2019

DELAHUNTY, K.; JOHNSTON, J. An experimente on the effectiveness of irrigation and cover cropping to produce sustainable hops in Maine. **Northeast SARE**, Westfield, ME, 2011.

DODDS, K. **Hops** – a guide for new growers. NSW Departament of Primary Industries, Tumut, 2017. 44p.

DONNER P., POKORNÝ J., JEŽEK J., KROFTA K., PATZAK J., PULKRÁBEK J. 2020: Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. **Plant Soil Environment**, vol. 66, n.1, p. 41–46, 2020.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR, S. QUÍMICA DO LÚPULO. **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 900–919, 2019.

Elford, E. **Irrigation Requirements for your Hop Yard**. Ontario Ministry of Agricultural, Food, and Rural Affairs, OnSpecialtyCrops blog, 2011. <https://onspecialtycrops.wordpress.com/2011/07/21/irrigation-requirements-for-your-hop-yard/>

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011.

ESTEVINHO, M. L. Leveduras e fermentações: **O caso da cerveja**. Centro de Investigação de Montanha – Instituto Politécnico de Bragança; Departamento de Biologia e Biotecnologia da Escola Superior Agrária de Bragança. 2015.

FAGHERAZZI, M. M. **Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do planalto Sul Catarinense**. 2020. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) -

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2020.

FAGHERAZZI, M. M.; SANTOS, M. F. S.; SANTOS, K. V. T.; RUFATO, L. Análise de custo de implantação de lúpulo na região do planalto sul catarinense. **Revista da 15ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa - CONGREGA**, v. 15, n. 15, 2018.

FAGUERAZZI, M. M. et al. A cultura do lúpulo: botânica e variedades. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 1, 2017.

FANDIÑO, M.; OLMEDO, J. L.; MARTÍNEZ, E. M.; VALLADARES, J.; PAREDES, P.; REY, B. J.; MOTA, M.; CANCELA, J. J.; PEREIRA, L. S. Assessing and modelling water use and the partition of evapotranspiration of irrigated hop (*Humulus Lupulus*), and relations of transpiration with hops yield and alpha-acids. **Industrial Crops and Products**, v. 77, p. 204–217, 2015.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 76p.

FILHO, A. I.; BORGES, P. F.; ARAÚJO, L. S.; PEREIRA, A. R.; LIMA, E. M.; SILVA, L. S.; JUNIOR, C. V. S. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **Gaia Scientia**. Vol. 9, p. 62-66, 2015.

FLERCHINGER, G. N., SAUERB, T. J.; AIKENC, R.A. Effects of crop residue cover and architecture on heat and water transfer at the soil surface. **Geoderma**. v. 166, p. 217-233, 2003

FORWARD, L. R. **Hop establishment impacted by mulch type and nitrogen source**. Tese (Mestrado em Ciências) - North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, 2017.

GINGRICH, C.; HART, J.; CHRISTENSEN, N. **Fertilizer Guide – Hops**. Oregon State University Extension Service, Corvallis, Oregon, USA, 2000.

GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. Calagem e adubação para produção de tapetes de grama. In: III SIGRA – Simpósio sobre **gramados**, 2006. Anais. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2006.

GRAF, T.; BECK, M.; PORTNER, J; BAUMGARTNER, A; MAUERMEIER, M; ISMANN, D; MAIER, M; SCHMIDHALTER, U. A new approach for predicting the water balance of hops. **Acta horticulturae**, 1236(1236), p.63-74, 2019.

GUIMARÃES, J. J. **Comportamento agrônômico do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) em cultivo protegido submetido a irrigações com diferentes faixas de pH da água na região de Botucatu – SP**. 2020. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2020.

HILLER, S.; GINGRICH, G. A.; HAUNOLD, A. **Growing Hops - In the Home Garden**. v. 19, n. 5, 1996.

HILTON, J.F. **Farm Fresh Hops for six generation**, 2002.

HOPSBRASIL, 2020. Disponível em: <https://hopsbrasil.com.br/mapuche/> Acesso em: 25 nov. 2020.

INTERNACIONAL HOP GROWERS CONVENTION – IHGC. Economic Commision – Sumary Reports. Paris, France, 55 p., 2018.

JACKSON, D.; SIEGLE, L.; SCOGGNS, H. **Irrigation considerations for commercial hop producers**. Virginia Tech: Virginia Cooperative Extension, 2019.  
JAMES, L. G. **Principles of farm irrigation system design**. New York: J. Wiley, 1998. 543p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2007. 800 p.

JOURGHOLAMI, M.; ABARI, M. E. Effectiveness of sawdust and straw mulching on postharvest runoff and soil erosion of a skid trail in a mixed forest. **Ecological Engineering**. Lublin, v. 109, p. 15-24, 2017.

KAMINSKI, J.; GATIBONI, L. C.; RHEINHEIMER, D. S.; MARTINS, J. R.; SANTOS, E. J. S., TISSOT, C. A. Estimativa da acidez potencial dos solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.1107-1113, 2002.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. Van Nostrand Reinhold, New York, 1990. 672p.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global. **Science**, v.304, 2004. 1623p.  
LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do Solo e Calagem**. Boletim Técnico, ANDA, São Paulo, 3 ed., 1990. 22 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MARCOS, J. A. M. et al. **Guia del cultivo del lúpulo**. 33 p., 2011.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L.C.; SOUSA, V. F. **Irrigação e fertirrigação de fruteiras e hortaliças**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2011. 771p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008c. 150p.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações**

MARTINS, D; GONÇALVES, C. G.; JUNIOR, A. C. S. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 649-657, 2016.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Piraipaba, CE.** 2002.103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, SP.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-e-ica-desenvolvem-projeto-para-fomentar-a-cultura-do-lupulo-no-brasil>. Acesso em: 20 nov. 2020.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos**, Brasília, DF, 2014. 227p.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo:** características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, 1991. 336p.

MORAIS, J. S. O Lúpulo: Cultivares e Extrato. **Jornadas técnicas anuais da Associação Portuguesa dos Técnicos de Cerveja e Malte (APTCM)**, Braga, 2015.

MORTON, L. W.; GENT, D.; MARK, G. **Climate, Weather and Hops. Sociology Technical Report 1045.** Department of Sociology, Iowa State University, Ames, Iowa. 2017. 24p.

NEVE, R.A. **Hops.** 1ª ed., Van Nostrand Reinhold Publisher, New York, NY, 1991. 266p.

OLIVEIRA, A. B. LEITE, R. M. VB. C.; BALBINOT JR., A. A.; SEIXAS., C. D. S.; KERN, H. S. **COLEÇÃO 500 PERGUNTAS, 500 RESPOSTAS.** Embrapa, Brasília, 274 p. 2019.

PAULA, F. L. M; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; BISOGNIN, D. A.; PAULA, A. L. DE; DELLAI, J. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Cienc. Rural.** 2005, v.35, n.5, p.1034-1042, 2020.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. & SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, 2007. 125 p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia:** fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 487p.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria, 2016. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 jan.2019.

RAIJ, B. van **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicai.** Campinas,2001. 285p.

RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Boletim técnico, IAC, Campinas, n. 100, 1997. 285p.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: Instituto Internacional de Nutrição de Plantas - IPNI, 2011. 420p.

RAIJ, B. van. Mecanismos de interação entre solos e nutrientes. In: RAIJ, B. van., (Ed). **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, p. 17-31, 1981.

RAMIRES, A. Ambev lança projeto de incentivo à cultura de lúpulo. Revista da Cerveja, 2020. Disponível em: [Ambev lança projeto de incentivo à cultura de lúpulo - Revista da Cerveja](#). Acesso em: 15 nov. 2020

RESENDE, F. V.; SOUZA, L. S. S.; OLIVEIRA, P. S. R; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 100-105. 2005.

RESENDE, F.V; SOUZA, L.S.; OLIVEIRA, P. S. R; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, vol.29, n.1, p. 100-105, jan./fev. 2005.

ROCHA, F. **A cultura do lúpulo**. Jornadas técnicas anuais da Associação Portuguesa dos Técnicos de Cerveja e Malte (APTCM), Braga, 2007.

RODRIGUES, D. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico. **Revista Ceres**, 2009. v. 53, n. 3, p. 332-335.

RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J.S.; CASTRO, J.P. O lúpulo: da cultura ao extrato. Técnica cultural tradicional. **Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio**, Bragança, 2015.

ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137, 1998. Planilha disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/BHseq64.xls>. Acesso em: 10 ago. 2020

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**, Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 27 p.

RYBACĚK, V. **Hop Production**, v. 16, ed. 1. Holland: Elsevier Science. 1991.

SILVA, F. A. M. et al. Dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n.5, p. 717-724, 2006<sup>a</sup>.

SILVA, M. Z. **A acidez potencial não é determinada a pH 7,0**. 2005. 34f., Dissertação (Agronomia – Solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

SILVA, T. G. F.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SANTOS, J. E. O.; SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B. Efeito das variáveis meteorológicas na evapotranspiração e preferência do submédio do Vale São Francisco. **Anais XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Gramado, 2012.

SIRRINE, J.; ROTHWELI, N.; LIZOTTE, E.; GOLDY, R.; MARQUIE, S.; RYTHEWSKI, E. **Sustainable Hop Production in Great Lakes Region**. Michigan University, Extension. 2015.

SIRRINE, J.; ROTHWELI, N.; LIZOTTE, E.; GOLDY, R.; MARQUIE, S.; RYTHEWSKI, E. **Sustainable Hop Production in Great Lakes Region**. Michigan University, Extension Bulletin E- 3083. 2010.

Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento – SNIS, 2009.

SLAVÍK, L.; KOPECKÝ, J. Effectiveness of hop irrigation in rainfall. **Chmelarství**, v. 70, n. 44, 1997.

SPÓSITO, M. B.; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. M. A.; TAGLIAFERRO, A. L. **A cultura do lúpulo**. Piracicaba, SP: Esalq - Divisão de Biblioteca, 2019. 81 p. (Série Produtor Rural, 68).

SREČEC S., KVATERNJAK I., KAUČIČ D., ŠPOLJAR A., ERHATIČ R. Influence of climatic conditions on accumulation of  $\alpha$ -acids in hop clones. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, vol.73, p.161–166, 2008.

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to Mediterranean conditions. **Acta Horticulture**, Leven, n.335, p.296-304, 1993.

STRAPASSON, E.; VENCOVSKY, R.; BATISTA, L.A.R. Seleção de Descritores na Caracterização de Germoplasma de Paspalum sp. por meio de Componentes Principais. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 373-381, 2000.

SVOBODA, P.; HNILIČKA, H.; HNILIČKA, F. Changes in yield and quality of hop dependong on the irrigation. **VII Alps-Adria Scientific Workshop**, v. 36, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RJ: Artmed, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M. MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre, RJ: Artmed, 2017.

**The Plant List**, 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/> . Acesso em: 27 abril 2020.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1

TURNER, S. F. et al. Challenges and Oportunities for Organic Hop Production in the United States. **Agronomy Journal**. v. 103, ed. 6, 1645-1654, 2011.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980

VASCONCELOS, Y. Inovações Cervejeiras. **Pesquisa Fapesp**, ed. 251, 2017.

VERDADE, F. C. Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n.4, p. 36-42, 1956.

VESCOVE, H. V; TURCO, J. E. P. Consumo e custo de energia elétrica na cultura de citros por gotejamento e microaspersão, com três lâminas de água. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n.1, p. 75-89, 2010.

VILLAR, M. L. P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação**. Cuiabá: Empresa Mato-grossense de pesquisa, assistência e extensão rural – EMPAER, 2007. 188p.

WRIGHT, L.; CONE,W.. Carryover of imidacloprid and disulfoton in subsurface drip-irrigated hop. **J. Agric. Urban Entomol**. 16:59–64. 1999. Disponível em: <http://scentsoc.org/Volumes/JAUE/v16/59.pdf> . Acesso em : 14 maio 2020

ZANOLI, P.; ZAVATTI, M. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. **Journal of Ethnopharmacology**, p. 383-396, 2008.